

第四編

·88·

科學概論

科學通論

盧于道著

中國科學社編輯

上海書店

民國叢書

第四編

88·

科學技術史類

科學概論

盧于道著

中華民國三十一年十一月渝初版
中華民國三十三年八月渝五版
中華民國三十四年十二月滬一版
中華民國三十五年九月滬二版

青年文庫

科學概論

每冊定價國幣四元
（外埠酌加運費匯費）

版權所有
不准翻印

著作者　盧于道

發行人　劉百閔

發行所　中國文化服務社
上海福州路六七九號
電話九一七〇五
電報掛號五一二三

印刷所　中國文化服務社印刷廠

本書據中國文化服務社1946年版影印

序

作者努力於科學運動，已十餘年；着手寫科學概論，亦數易稿本。至今科學運動的成就，既為有限；而科學概論稿本，亦未臻完善。但是作者將此稿付印，以供給青年作為參考，並供給大學科學概論一課作為簡單的教本者，其意無他，就是在目前不科學時代環境之下，自己覺得此書尚有其時代的作用。

首先以提倡科學而言，此事並不如我們初想時那麽順利。在目前環境之下，有兩種反對科學運動的論調。其一如下面所引一段話：

「近代歐洲則科學勝過藝術，惟幸而中古時代的宗教已深入人心，尚可以補偏救敝。中國却一意專從他們的科學方面着眼，又不能注意於他們科學精神的源頭處，而只看重他們科學方法上之應用與享受，結果貴賓（科學精神）尚遠在門外，而先來了一個惡僕（赤裸裸的人慾橫流）。」

這是反對科學運動的一種逆流。又一種論調，如下面所說：

「若離開了社會底意義設想一個獨立自存的自然科學，那麽自然科學的作用是「知道自

然和征服自然」。……反過來說，人類爲了滿足自己的欲求而需要自然界發生一定的結果時，他也可以利用那一切自然法則的知識實行建立種種的條件，使他所希望的結果終於發生。這樣，人類知道自然，便能隨意驅使自然，征服自然。而科學的研究首先卽是把自然拿來讓人知道。然而如果這樣說，我眼前所見到的將只是一種抽象的科學，沒有具體底社會底意義……」

上面所引這兩段話，我不必提出原文的出處，因爲我引述的原意是指着此二段文字所代表的兩派思想。第一派思想認科學運動爲肉慾運動，第二派思想認科學運動爲超社會的抽象運動，事實上這二種看法都是誤會。爲答覆第一派的說法，我在第一章說明科學的定義時，特別提出科學是一種精神活動而不是物質文明；爲答覆第二派的說法，我要在此地指出所謂「社會底意義」，其中「社會」二字，是指具體現實的社會，不是指抽象的公式化的紙面上的社會。因此作者認爲目前提倡科學運動，是不會脫離現實社會的。

所以我們所欲提倡的科學運動，既不是提倡「人慾橫流」，亦不是提倡烏托邦社會中之科學，而是爲現實社會所需要的科學精神及其建設事業。此書卽本此旨而作之。

本書內容，第三、四、五章論宇宙，兼及力場學說；第六、七、八章論物質，兼及新量

子論；第九、十、十一章論生命，兼及基因學說；第十二十三章論人類，兼及優種優境學說。科學的範圍太大，作者的學力有限，如有錯誤之處，尚祈讀者指正為荷。

作者，三十一年，二月。

重版序

自從本書出版以來，曾得到各方面友好予以鼓勵，並予以指正，作者覺得非常榮幸，特在此地申謝。

此次重版，在內容方面，略予修正，未能有很多增補，這是因爲戰時期間參考資料過於缺乏之故。至於本書的立論方面，如第一第二及最後一章內所述者，作者認爲仍是正確的，所以亦沒有改動。最近范旭東先生示以海王第十六年第六期，內載蹇先生所作「關於科學修養」一文，文中有云：

科學尙囚在「象牙之塔」，與「十字街頭」諸人無涉

確實道出國內科學實情。又云：

科學先民衆化，民衆自科學化矣。

這誠是吾人所應該努力的方向。又云：

愛因司坦與拉曼在純粹理論學術方面偉大之建樹，初不能使今日猶太印度一般人

民，在經濟上，政治上，乃至學術上得減痛苦，增地位。

亦皆是沉痛之語，特樂引之，作爲本書立論的補充說明。

三十三年三月，盧于道。

科學概論 目次

科學概論

第一章 科學定義和特徵

最近美國科學界發現一種驚人的物質，名曰二三五號鈾（U235），一磅重的二三五號鈾，其工作能力等於五百萬磅的煤，或三百萬磅汽油。這意思就是說，一件工作如果需要燒五百萬磅煤，或消耗三百萬磅汽油的話，用此新物質，祇要一磅就够了。一隻潛水艇在海洋中，若要不停地環繞全球，襲擊海洋中敵艦，就需要隨時加添燃料；這份燃料如果用煤，則需一千五百萬至三千萬磅；如果用汽油，則需一千五百萬至二千萬磅；現在用此新物質，祇要五磅至十磅就够了。這一發現，若被納粹德國利用之，則戰爭勝利，可操左劵。

按二三五號鈾的最先發明人，乃是歐洲兩位科學家，一位是丹麥邁特納(Meitner)，又一位是德國海恩（Hahn）。納粹在戰前，驅逐邁特納出境，邁氏迫不得已住在瑞典的斯德克荷姆城(Stockholm)，後來將其研究所得報告給住美國的原子物理學家波耳(N. Bohr)。波耳

是以原子核型的理論聞名，曾因此得諾貝爾獎金。他得到邁氏那種重要發現後，轉告美國哥倫比亞大學物理學教授費爾米（Fermi）。因此該大學內許多物理學家都共同研究，現在已得到很好的結果，幾乎可以應用了。德國希特勒聞訊，趕緊請其國內科學家合作研究，可是已落人後了。此時追悔當初不該驅逐邁特納出境，則爲時已晚矣。

這一段故事說明科學研究之重要性。總裁說：「無科學即無國防」，我們民族要生存，要國防，就需要科學。我國科學非常落後，而我國國防和經濟建設事業，又非常需要科學。然則所謂科學究是怎麼一回事呢？下面就要給以簡單的說明。

第一節　科學定義

科學究竟是怎麼一回事呢？衆說紛紜，莫衷一是。現在我們給牠一個定義如下：所謂科學乃指人類一種最有效的精神活動，利用感覺材料及思維能力，以認識現實的週圍環境，進而駕馭環境。這個定義看來非常抽象，有加以具體說明之必要。

首先我們要解釋，科學爲什麼是一種精神活動而不說是物質設備如機器電力飛機大砲呢？在我們日常生活中，最感覺到科學作者，就是這些物質設備，或稱曰物質文明；然而這些

物質設備。是科學的一時產物，今日如此，明日可以因科學進步，完全改換其面目。例如昨日有有線電話，今日就有無線電話，明日卽將有無線電視加電話。任何物質設備是一時的產物，而精神活動是產生物質設備的原動力。所謂科學，並不是指那些呈現在我們目前的產物，而是指創造這些產物的原動力，這種原動力就是人們的精神活動。所以我們說科學是一種精神活動而不是物質設備。

其次我們爲什麼說是最有效的精神活動，而不包括一切精神活動呢？我們此地所謂最有效者，實含有兩種意義：其一是指最有效的理論而言。例如關於行星的運行，以牛頓力學解釋之，既能解釋已發現行星繞日而轉的軌道，又能預言新行星之發現，如一八四七年勒末累用之以發現海王星，故爲最有效的。但是牛頓力學雖爲最有效之理論，尚不能解釋水星的近日點。蓋依照牛頓力學計算之，每一百年要和實際的觀察相差四十二秒的角度。二十世紀愛因斯坦的相對論力學問世，根據於此新理論，計算水星的近日點，較用牛頓力學所計算得者更準確了一萬萬分之一，於是相對論力學理論更爲準確，吾人乃認相對論爲更有效，這亦就是說更科學了。這就是我們所說最有效的意義。第二種意義是指最有效的應用而言。例如十九世紀人們平均的壽命爲三十五歲，待二十世紀以來，醫藥衛生進步，最近美國人民平均壽

命可以超過六十歲，這是醫藥衛生更科學化了，所以我們認近代醫藥科學為最有效的。由於這兩種意義，所以我們說科學是最有效的精神活動；至於昨日視為最有效者，今日可以為無效，昨日雖當作科學，今日可以被認為落伍，或截直了當認為不夠科學了。

其次我們為什麼說科學是人類的而不說個人的最有效精神活動呢？我們常聽說某位天才發現某項眞理或發明某種機器，我們這麼說，不過是將此項發明或發現，冠以某個人名，以便於我們的敍述而已。其實我們若一究其歷史背景，就不難瞭解沒有一項發明或發現不是集許多人的精神活動，而後方得到這個最後的碩果。假如沒有拉馬克聖希萊的生物研究，萊爾的地質研究，以及當時英國豢養家畜的經驗在前，則達爾文的進化論為不可能；同樣假如沒有馬克思威兒的光電磁學說及赫爾芝的光電磁實驗在前，則馬可尼之發明無線電機亦為不可能。所以我們說科學是人類的而不祇一個人的精神活動。

其次我們為什麼說這種精神活動，為「利用感覺材料及思維能力」，而不說是僅利用感覺材料，或僅利用思維能力呢？這是因為感覺材料為客觀的對象，思維能力為主觀的腦子作用；必須客觀對象和主觀腦子作用配合時的精神作用，方能達到科學界限。若僅有客觀的感覺材料，沒有主觀的思維作用，這種精神作用，祇為機械式的攝影，決不能瞭解環境一切活

動的因果法則，更不能有所創造以利用厚生。同樣若僅有主觀的思維作用，而沒有客觀的感覺材料，則一切腦子活動，必然會陷入於玄想或夢想，而不能認識客觀的環境。所以我們說這種精神活動，要利用感覺材料和思維能力。

其次我們爲什麽說認識的對象爲週圍的環境，而不說具體的物質或生物呢？這是因爲科學所研究的對象，並不限於有形的物體，連無形的人類活動，如人事管理，行政效率，社會組織，以至於精神活動本身，皆可以作爲科學研究對象。概括地說來，我們週圍的環境有自然及社會，因此我們有自然科學及社會科學。在這個分類裏面，精神科學亦包括在自然科學研究範圍之內。凡是關於我們環境的事物，都可以作爲科學研究的對象，所以我們說「週圍的環境」，而不必更具體地舉出自然及社會，物質或精神的現象了。

其次我們爲什麼不將認識的對象包括一切的週圍環境，必欲限於「現實的」週圍環境呢？我們知道人類的環境，非常廣泛，人類不過是環境中之一小部分。以空間而言，有地理的和國土的環境。凡科學的精神活動，應當帶有地方性和國家性；例如我們生在中國，就應當以本國的自然和社會爲對象。這並不是說不在本國地理環境內的自然和社會，我們可以拋棄不顧；正相反我們亦應當認識世界各處的自然和社會；但是我們應當以本國的自然和社會環

境，作爲研究的中心，否則是脫離了本國的關係，成爲超現實的學院主義者。再以時間而言，有現代的過去的和未來的。現代爲過去歷史之成果，亦爲未來時代之前驅，我們生在現代，應當以解決現代問題爲先。雖在現代雖不能不顧慮到歷史的背景和未來的開展，但應當以現代爲中心；不然，勢將成爲好古癖者或爲未來預言家，都不在科學的活動範圍之內。科學的活動，從空間方面言，是應當有地方性的，從時間方面言，是應當有時代性的，這就是我們所說的要認識「現實的」週圍環境。

最後我們爲什麼說科學不以認識現實的週圍環境爲己足，必欲進而駕馭環境，或曰改造環境呢？第一、這是因爲人類不是在環境中隨波逐流，而是要爭取環境的主動地位，所以我們不祇是認識環境，還要進而改造環境並創造環境。第二、我們的科學研究不祇是理論的探討者，同時亦爲實踐的指示者；理論既不能脫離實踐作用，故認識之後必須更進而用於實踐。十七世紀英國化學家波義爾(Robert Boyle, 1627—1691)說：科學是一種有應用傾向的知識，這句話眞是千眞萬確。爲眞理而眞理，視眞理爲玩賞品，是眞理的玩賞者，不是眞正的科學家。

因爲上述的理由，所以科學不能爲表面的物質設備而必須是一種精神活動，不能爲一般的精神活動而必須是最有效的精神活動，不能爲單獨個人的精神活動而必須爲人類的精神活

動，不能為祗是客觀的感覺材料或祗是主觀的思維能力所引起的精神活動而必須為客觀感覺材料和主觀思維能力所會合而成的精神活動，不能祗以某個週圍環境為認識對象而須以任何環境為對象，不能去認識任何的環境而必須認識現實的環境，不能祗以認識環境為已足必須進而改造環境或創造環境。這是我們對於科學所下的定義。

我們既說明了科學是什麼，乃可以進而討論科學知識的特徵了。科學知識的特徵有五，即(一)客觀性，(二)準確性，(三)發展性，(四)統一性，(五)社會性，試分別述之於下。

第二節　客觀性

我們住在地球上面，每逢晴天，即見太陽從東方起來，晚上向西方下去，所以我們普通說地球是不動的，太陽是移動的。假使說我們的視覺感官所見如此，這當然不錯；你所見如此，我所見如此，古人所見如此，現代人所見亦是如此。假使說在自然界太陽是動的，地球是靜的，太陽繞地而轉，這就大錯而特錯了。原來在自然界是地球繞着太陽轉，每天有一個自轉，其方向為由西而東，我們見日繞地球轉，是因為我們住在地球上，我們的視官才看見每天太陽由東向西轉。好比我們坐在火車上，火車是動的，由西向東駛，而地是靜的；但因

爲我們自己坐在火車上，所以祗覺得火車是靜的，而地却是在動着，其動向是由東向西往後退。假使以火車和地的關係而言，我們應當說火車在地上由西向東駛，這才是科學知識，而上面所說地是動的，由東向西退着走，這是非科學的知識。同樣我們以地球和太陽的關係而言，地球繞日轉，每天自西向東自轉一次，這是科學的知識；說地球是靜的，太陽是動的，太陽每天自地球東面向地球西面轉動一次，這是非科學的知識。

這個例子告訴我們說，我們科學知識是以客觀自然界的實在爲研究對象，而不是以主觀自我的感覺爲研究對象。主觀自我的感覺，其本身可以作爲客觀研究的對象，如研究感覺者有生理學和心理學卽是。但祗在一個條件之下可以將研究的結果作爲科學知識，那就是研究者本人必須摒除主觀的成見，摒除自己主觀的錯誤，使之成爲純客觀性的眞理，方爲可能。簡言之將主觀的自我和客觀的研究對象分離爲二，去說明客觀研究對象的事實，其運動，及運動法則，方能成爲該對象的科學知識。假如我們的對象爲太陽和地球的關係，我們必須摒除該對象在我們視覺範圍內所見如何，而研究其不被我主觀視官看見時的一種關係。我們大家雖分明看見太陽繞地球而轉，但這是主觀視官所見，是非科學的知識；我們要考究不被我們視官所覺察時，究竟是地球繞日而轉抑日繞地球而轉，經研究的結果，知道自然界客觀方

面，是地球繞日而轉，這才是科學知識。所以科學知識第一個特徵，是客觀的而不是主觀的。

我們必須注意「對象」二字。科學研究的對象，可以爲自然界，可以爲人，可以爲人的眞覺，可以爲人的錯覺。生理學和心理學，是要研究人的，並且要研究人的眞覺和錯覺的。但是當我們研究的對象，不是人的感覺，不是人的眞覺和錯覺時，我們就必須將人的感覺（包括眞覺錯覺幻覺等）除開，如此方能說對於該對象能求得科學知識。在這裏面有一個很大的困難，那就是科學知識是由人去求得，是屬於人類的。我們人類以任何自然界的物體爲研究對象，必須先通過人的感覺；從通過人的感覺，而欲摒除人的感覺，以達到客觀的科學知識，這是一件難事。科學知識之難能在此，科學知識之可貴亦在此。

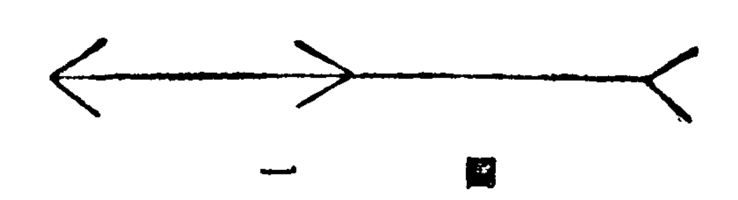
我們脫離了感覺，就不能得到所要研究的對象；然而人們的感覺，往往是錯誤的，例如有的人爲全色盲，全色盲的人就看不見顏色，祇看見光的明暗，那末我們將何從研究自然界紅、綠葉的顏色以及光譜顏色呢？關於這一點我們人類很幸運，在一百個人中間祇有三四個人是色盲，大多數人都不是色盲，所以色盲的人研究顏色，可以由非色盲的人爲之糾正。但是除個人感覺的各別缺陷之外，倘有全體人類感覺之共同缺陷，例如日繞地球轉，這是人類所共見，亦就是每個人所見，沒有一個超人他「看見」地球繞日轉，那末我們將如何研究地

球和日的轉動關係呢？如何人類會知道了是地球繞日轉而不是日繞地球轉呢？這就有賴於一個人多數感官所給予的感覺材料之拚集攏來後之思想作用了。這種由多數感官所得來的感覺材料，從研究這些材料而對於某研究對象給以客觀的說明，這就是科學方法內所用的證明方法。所以科學知識的客觀性，並不是祇限於個人的主觀見解；因此說我見如此，你見如此，人人見如此，尚不能稱爲科學的客觀性，因爲人類尚有共同的感覺缺陷；我們尚須不但一次感覺如此，並且多次感覺都如此；一種感官的感覺如此，並且多種感官的感覺都如此；經過這樣驗證之後，方成爲客觀的科學知識，方對於某種對象獲得了客觀眞實的科學知識。這就是科學知識的客觀性。

第三節　準確性

其次我們要說明，科學知識非但是要客觀的，並且是要準確的。

我們大家試看圖一上面所畫的直線，從中間的箭頭分起，左右兩段長短的比較是那一段長？我知道你的回答，必定是說右面一段長。你這樣答覆，並沒有錯，人同此眼，眼同此覺，任何人的答覆，都會和你的答覆一樣。那末我們能不能夠就下結論說，這一圖上的兩段線



圖一

，右段眞較左段爲長呢？我們假使就這樣下結論，這就不能成爲科學的知識；要求其能成爲科學知識，我們必得要用尺來量一下。你量的結果，就知道和看的結果相反，原來左面一段是三個公分（Cm）長，右面一段亦是三個公分長，所以左右二段正是一般長。經過這樣測量之後，我們得到更準確的結果了，這就是科學知識和非科學知識之不同點；科學知識是較非科學知識更爲準確的。

所謂準確，是忠實於客觀事實。在客觀事實和主觀認識之間，盡量補救我們人類感覺之缺陷和不足。我們在上面一節論客觀性時，曾說我們人類的感覺有各別的缺陷，還有共同的缺陷。要排除這種缺陷，以求得其研究對象之客觀性，這是消極的，祇是這種消極地排除這種缺陷還不夠，還要積極地補救這種缺陷，那就是求其準確。在科學知識內，有兩方面是要求其準確的，一方面是質的，又一方面是量的。質一方面，例如說

上面這一條直線上，兩段是不等長的，我們可以將這張圖從中間摺疊起來，重在一起，或用一根小棍子在左右二段上一比，就可以知道這兩段線正是等長的。當我們倘不能用量來表示的時候，我們在質方面盡量設法使其準確。

然而科學知識並不以質的準確爲滿足，還要進而求量的準確；要求量的準確，我們就得用測量方法。例如上面這條線我們不以找出左右兩段是等長就認爲滿足，還要用尺來測量之，量得左右兩段都是三個公分長，而後方能滿意了。所以科學知識愈準確，則愈能用測量方法以測量之。物理學家葛利略說，盡量使能測量者測量之，不能測量者盡量使之能測量，這就是求其量的準確的意思。因爲科學知識盡量使研究的客觀對象可以測量之，所以定出測量的單位。上面所用的公分，就是一種測量單位。在物理學方面，任何研究對象，都不外乎物質的長、重、和時間，因此我們對於長、重、和時間，都用單位以代表之，那就是我們大家所知道的C（Centimeter）G（Gram）S（Second）單位，任何物理學研究，都得用這三種單位。有了這些單位，我們研究任何客觀對象，就可以用數目字表示之；這是求準確的最基本方法。

事實上我們所用的單位愈細密，則所得到的知識愈準確。例如克之下，有千分之一克，

名曰米里克（Milligram），現在分析化學所用的天秤，可以告訴我們至千分之幾的米厘克；公分之下有公厘（mm），公厘之下還有「米克隆」（μ, Micron），一個「米克隆」爲一個公厘之千分之一，而「米克隆」之下，還有「米克隆米克隆」（μμ），一個「米克隆米克隆」就是一個「米克隆」之千分之一。例如光波的長短，我們就可以用「米克隆米克隆」表示之，紅光爲(760 μμ)，紫光爲（450 μμ）諸如此類。同樣秒之下亦有「息格馬」（σ），一個「息格馬」爲一秒鐘之千分之一、有了這些細密的單位，則對於客觀物界所研究的對象，無論其爲物質或運動，皆可以用這些細密的單位很準確地表示之。

用很細密的單位（其細密的程度，以我們所研究的對象及其問題而有不同，譬如研究大宇宙星雲離地球的距離，則以光年爲單位，一個光年約爲 6,000,000,000,000 英里，這個單位較之公分就大多了），去表示我們科學知識所研究的對象，這不過是一種求準確的方法，並不是我們所要求的準確知識本身。準確知識本身，是我們所要研究的客觀物界之運動規律及其法則。客觀物界，無論有生命無生命，都隨時在運動，孔子所謂「逝者如是夫，不舍晝夜！」，西哲赫拉克利圖所謂「萬物皆流動」，蓋有時間即有運動，我們不能拉住時間，亦就不能止住運動。然而物界運動都是有規律的，有法則的；我們的科學知識，就要明白準

確地認識其運動規律和法則，或是質的，或是量的；並且我們是要認識其獨立的運動規律和法則，而不受我們感覺所歪曲的。因爲祇有物界獨立的運動法則，才能構成科學知識，所以必得要求其準確。沒有準確這個條件，就不成其爲科學知識。這就是我們所說的準確性。

第四節　發展性

大家既明白了科學知識是要求其準確的，那麼準確之後，就一成不變麼？不是的。有好些科學知識，固然可以達到一個準確程度，使之成爲宇宙間的一個常數，例如光的速度就是一個例子。美國有名物理學家邁克遜（Michelson），他一生的研究事業，大半就是測量光的速度。他得到的最後結果，爲光在眞空中之速度，每秒鐘299,796公里，其誤差爲三十萬分之一。這個常數是够準確了，誤差祇三十萬分之一，這意思說在 299,796 公里這個數目中，其錯誤祇在一個米突之內。這豈不是一成不變麼？其實不然，測量光速度是要用儀器的；在今日物理學界所用的儀器，未有能超過邁克遜氏所用者，故今日邁克遜的結果，可以算是一個常數了；但是再過若干年後，物理學界若發明了較邁克遜氏所用者更爲精密的儀器，則今日所得到的常數，又將有新的改變，那誤差或許可以由三十萬分一之，進而達到祇三百

萬分之一，或三千萬分之一。我們祇要看光的速度的知識本身，在物理學史上之發展，由十七世紀魯茂（Romer）氏以至二十世紀邁克遜，由早年的邁克遜至晚年的邁克遜，其結果之日就精確，即可以明白科學知識之發展性。

這種發展性有什麼意義呢？這是有二種意義的。第一種是客觀方面，各種科學知識，都在隨時發展，於是甲種科學發展，就影響於乙種科學及其研究問題之發展。例如十七世紀光學不發達，魯茂氏祇能利用木星上衛星星蝕之觀察，以測量光之速度；至邁克遜時代，光學內已知道了干涉現象，從光之干涉現象，邁克遜就發明了干涉儀器，於是邁克遜就可以獲得了新的光速度知識。所以每一種科學知識都得受他種科學知識進步之影響。非但光學進步影響於光速度知識之發展，並且影響於物理學內面其他部門，更進而影響於物理學以外其他的科學（參閱下節論統一性），因之而互相推展，使科學知識進步無止境。

除此種客觀方面意義之外，還有主觀方面的意義，那就是某項問題之新發展，往往引起新發見或新發明。例如邁克遜莫雷的光速度測量，引起了愛因斯坦的相對論問題。此外我還可以舉一個很有趣味的例子。我們知道今日大都市裏，每至晚上，可以看見姹紫嫣紅很美麗的霓虹燈廣告。霓虹燈是由玻璃管內盛以氖氣，再通過電流的電燈。氖氣是空氣中的一種稀

有氣體，是英國雷萊勳爵新近所發現的一種化學元素。這種元素是怎樣發現的呢？原來空氣中有氧有氮，這是老早就知道了的事實。然而氨氣中亦有氮的。雷萊勳爵測量空氣中氮的密度，結果他發現較之由氨中所取得的氮的密度要重千分之五，他百思不得其解。最後他找出來了，原來空氣中的除氮之外，還有氦氖氬氪氙這種極少量的稀少氣體參雜在裏面，這五個化學元素，都是新發見的元素；而氖乃用之於霓虹燈，氦乃用之於德國所製造的徐柏林飛船了。這豈不是由於氮的密度研究之發展，而引起了新的發展，新的發現麼？

所以我們今天可以很肯定地大胆說一句，沒有一種科學知識將來不會有新的發展，不會有新的發展者即不成其爲科學知識。我們說這句話，似乎和上面一節所說的準確性是衝突的，因爲科學知識既是準確的，何以又需要時常改進？既是需要改進的，何以能稱爲準確的呢？這一點我們需要再加以補充說明。原來客觀物界的一切運動法則是絕對的實在，而用人類文字符號所表達的知識，及用我們感官經過種種推理證明等思想方法所得來的知識，祇能相對的正確。換言之外界物界是絕對真實，而科學知識祇能相對準確，準確二字是對我們知識而言，不是對物界存在而言。我們必須分別物和知識。例如某形狀的地球，這是客觀存在，而我們以「圓的地球」或 The round earth 表達之，是知識。今圓的地球，有一個直

徑，是物界的絕對存在，有人類亦存在，無人類亦存在；我們量得地球直徑爲七千九百二十七英里，這是知識．英國人用英里表示之，中國人可以用華里表示之。現在我們要看準確性是在什麽地方？質的方面，我們以前以爲地是方的，這是一種知識，但是不準確的；以後知道地球是圓的，這是更準確了，就成爲科學知識了；然而現在科學家知道地球不是正圓的，是南北兩極稍扁的扁圓形的，這就更準確了。這就是科學知識準確程度之相對性。講地球的形狀這是質方面的知識，講地球的直徑，用一種單位表示之，這是量方面的知識。質方面的知識有相對準確度，有發展性，量方面的知識亦有相對準確度，亦有發展性。所以我們若認清科學知識之相對準確度，就可以明瞭其準確性和發展性並不衝突了。知識是由人類獲得的；當整個知識達到某種程度，則科學知識就要求至某種程度之準確性。例如今日人類若知道地球直徑爲七千九百二十七英里，已夠用了；但將來人類更進步，亦許要求知道小數點下三位四位或五位的準確度，則今日所知道的七千九百二十七英里數目爲太粗而不夠用了。所以整個人類知識在發展，科學知識亦跟着發展，其準確程度亦跟着發展，這就是科學知識之發展性。

第五節　統一性

請大家注意我在上面所說的，當整個人類知識達到某種程度時。則科學知識就要求至某種程度之準確性，這是以科學知識和非科學知識的統一關係而言。在科學知識本身範圍內，又分門別類，因其研究的對象不同，而有天文學地質學生物學物理學化學等。這些分門別類的科學知識本身，亦是彼此呈統一關係的。

我們在上一節裏，提到過光速度之研究，因光學內干涉現象研究之進步，而光速度之研究亦跟着進步，這是光學本身內之互相聯繫；更進而曾提到過因邁克遜莫萊之光速度精密研究，而引起相對論的問題，這是物理學內光學和力學之互相關聯；並且我們又知道，由於光學之進步，使生物學的顯微鏡學及顯微鏡儀器之進步，這是物理學和生物學之互相聯繫。每一種科學都和其他科學相聯繫，所以每一種科學知識都成整個科學知識之有機分子，整個科學知識就是各門有機分子所組成的統一體。

科學知識之統一性，並不是人爲的，是自然的。因爲科學知識乃是自然界運動及其規律之人類文字符號之反映。假使自然界的天和地，地和人，人和動植物等都是獨立不相干的，

那麼我們可以有獨立的天文學、地質學、人類學、動物學、植物學等。然而自然界明明不是各自獨立的，而是互相關聯，整個統一的。例如天體之晝夜四季，即影響於地面溫度，人類活動，及動物植物，生長；其間錯綜複雜，互相爲用。所以反映自然界的科學知識，就不得不是統一的。科學知識愈進步，我們將愈更發現其交互關係及統一性。自然界是整個的，所以自然科學亦是整個的。

自然界是實，自然科學是名；名者實之用，實者名之體。我們說名是統一的，例如「人」，在天文學內亦用「人」之名，在地質學內亦用「人」之名，在生物學內亦用「人」之名。這並不是人爲的統一，乃是實在的統一。因爲有實在的統一，所以名必須統一。假使天文學內名之曰「人」，地質學內名之曰「石」，生物學內名之曰「木」，那就沒有統一的名，亦就永遠不能認識統一的實。惟其由統一的名，以認識統一的實，所以各門科學進步，乃能互相爲用。亦惟其因爲科學知識是統一的，所以我們不能勉強要某門科學進步，要某門科學暫時不進步，這不是要不要的問題，而是作得到作不到的問題。事實上要某門科學畸形進步，某門科學不進步，這是作不到的。例如光學不發達，我們要製造精密的顯微鏡，這是作不到的；精密的顯微鏡製造不起來，要生物學發達，這亦是作不到的。反過來說，生物學不發

達，就不會發現勃郎寧氏運動；沒有發現勃郎寧氏運動，則熱力學內氣體分子運動學說就不會這麼進展，膠質化學物理化學亦達不到今日這麼發達地步。所以我們必須認清自然界之統一性，及自然科學之統一性，然後方能瞭解科學進展之步趨。

但是我們說科學知識因爲有統一性所以其發展程度有一個必然的限度，這並不是說人類沒有可以向某一方向努力之自由。我的意思，是說自由有一個必然限度，換言之在必然限度之內是有自由發展的機會的。例如力學至今日已被熱力學第一條第二條定理所統一：由熱力學定律之成立，我們可以研究生物機體之能力轉換。又如顯微鏡的分解力（Resolvingpo-wer），要使我們兩目看得見，就決不能超過能見光波之長度。這是一個必然限度，要想超過此限度，那是決不可能；然而在這個限度之內，我們就可以自由研究細胞及原生質各種現象，這就是在必然限度下之自由。我們惟其能享受這種自由，才能使科學在統一步伐之下，共同前進。

第六節　社會性

最後我們要提到科學知識的第五個特徵，即社會性。

我們始終認定科學之最恰當的解釋，莫過於「格物致知，利用厚生。」我們非但要「格物致知」，還要「利用厚生」；同時這亦就是說，我們要格利用之物，致厚生之知，利用所格之物，因致知而厚生。格物致知是理論科學，利用厚生是實踐技術。科學知識，就由理論與實踐兩隻輪子並進，方能發展。所以我們上面的科學定義中非但提及認識環境，並且提及駕馭環境，改造環境。

科學知識是由人類去努力求來的；然而天下之物，範圍極廣，我們祇能夠在利用厚生範圍之內，去格之致知。這就是說，理論科學不能超過社會實踐之範圍。同樣實踐方面將已獲得的科學知識利用之以厚生，此時必定會不斷地發生新的理論問題，新理論問題又復需要格物致知，於是理論知識就因實踐而進展。理論是學識，實踐是社會應用，社會因理論學識進步而進步，理論學識因社會上實踐發生問題而引起新的研究，這就是科學知識之社會性。例如以中國之科學技術（社會實踐）落後，其理論要想走上技術先進國那麼發達地步，這是決計作不到的。同樣假使中國沒有理論科學（雖然沒有趕上先進國家），要在國內技術發展至各先進國地步，這亦是決計作不到的事。

我們在國內曾經發生過這樣問題，這個問題還是在時常討論之中，那就是究竟我們需要

先提倡理論科學呢？還是需要先提倡應用技術？有的說技術科學是以理論科學為基礎，沒有理論科學就不能有科學的技術，所以我們要先提倡理論科學；有的說理論科學是跟着技術發展而發展的，技術發達，卽會有理論科學之需要，如此理論科學方能跟着發展。二方面各執一辭，各有理由，但是亦祇各有其偏面的理由，而沒有看到全面的事實問題。以偏面而言，兩方面都對的；以全面而言，兩方面都錯了。

近代技術是以理論科學為基礎，這是大家承認的；說我國先需要技術的人，他們認為技術在先進國內巳很發達，巳夠我國引用了，所以我們應當將理論科學放在後面，這是他們的理由。我們試看事實是怎樣的。例如我國需要採各種鑛產，照他們的說法，我們就需要調查鑛產的地質學家，不需要研究理論古生物學的地質學家。可是中央地質調查所近三十年來欲調査鑛產，就必須同時有古生物學家去認定地層，因之必須在國內發展古生物學，這就是他們寶貴的經驗。亦因為二十餘年來國內古生物學有一個根底了，所以抗戰起後，能夠很積極地進行鑛產的調查。這是事實勝於雄辯。其他如物理化學之於工業，生物學之於農業醫學，亦是同樣的關係。

又一方面所說的，我們要先提倡理論科學，而後技術才能發展者，我們亦可以地質學為

例。事實上因爲各處調査鑛產，從而得到許多世界聞名的珍貴古生物學研究材料，直至抗戰以後，調査鑛產愈積極，則古生物方面獲得的新材料愈豐富；同樣農業醫學衞生愈發達，生物學的研究問題愈豐富。這都是事實所明示於吾人之前者。

所以要我國有本國的新技術而無本國的新理論科學，這是作不到的；要我國有新理論科學，若沒有本國的新技術，這亦是作不到的。換言之，我們祗抄襲人家的技術而不要有自己的理論科學，則技術永不能發展；我們祗追隨人家的理論科學，而不立自己的技術，則理論科學亦永不能發展。二者全則成功，偏則失敗。這是表明什麼呢？這就是表明技術和理論科學，都是社會性的，不是超社會的。

結語

我們在上面已說明了科學的定義，並進而說明了科學知識的五種特徵，即客觀性、準確性、發展性、統一性、和社會性。任何科學知識，都具有這五種特徵，亦不能缺少任何一種特徵。

很明顯的，我們要習得這種知識，以樹立國防建設和經濟建設之基礎，必得要自己努力

，所以我在上面的定義中說明科學是一種精神活動；決不能祇購現成的國防利器或工業機器，以坐享其成。物質建設需要科學知識，科學知識需要精神活動。科學成就好比是很美麗的花，我們看到歐美各國科學之花開得非常鮮豔美麗，於是摘來養在花瓶之中，結果在歐美則繼續不斷地開花，在我們則不久即枯萎而死。我們要永保美麗鮮豔的花朵，就得要從下種栽培做起，這才是我們所需要的科學，亦惟有如此方能永久不息地開出美麗的科學之花。

習題

(一)科學研究的對象，是否祇限於自然界物質？

(二)從我們感覺材料，如何使研究對象成為客觀而準確的？

(三)科學知識既是準確的，何以又有待於發展？

(四)自然科學各部門是獨立的麼？試申述其理由。

(五)何謂科學的社會性？

第二章　科學的發展

在上一章裏面，我們已敍述過科學知識的特徵。我們說科學知識，必須客觀的，準確的，發展的，統一的，在社會上並且為社會福利的。這種很珍貴的科學知識，是人類過去數千年和自然界奮鬥的結果；從奮鬥中我們逐漸認識了自然，並且逐漸征服了自然。至今日我們很坦白地承認，所認識和所征服的部分，祇是自然界極微小的一部分，猶之乎牛頓所說，才是大海邊上沙灘裏的一塊小石子。自牛頓至今日，不過多拾了幾塊小石子，在沙灘上還有恆河沙數的小石子，尚未被拾起來。所以人類尚待繼續不斷地加緊努力，才能得到更多的科學知識，使人類文明更進步。

科學之有今日，已經過了許多可歌可泣的努力；要促進未來，不得不先細察已往，所以我們要接續講科學知識發展的經過情形。專門講解科學發展者，屬於科學史，這是一門很有趣而繁重的學問；至於我們在本章所能講者，祇是一個簡略的科學史。

第一節　科學發展的背景

在未正式說科學發展史以前，我們必須要說明科學發展的背景。科學是否能獨立發展？決不能的。它的發展，是有三個背景的、第一是社會的背景，第二是科學本身以外的學術背景，第三是科學本身內各部門的背景。

一、社會的背景　我們誰都承認，科學知識是人類努力研究得來的。但是從客觀方面而言，個人之研究有否成就，要以社會的政治經濟情形有利否爲條件。人是社會的動物；或如亞里斯多德所說，人是政治的動物。社會情形好，或照亞里斯多德說法，政治情形好，科學即容易發達，反之則不易發達。因爲尋求科學知識，是人類在社會上的一種活動；這種活動既不能離社會而獨立，所以其成就亦不能不受到社會影響。其次，從主觀方面而言，我們知道人類生存在社會上，本來有兩種意識，一種是個人意識，又一種是社會意識。社會的組織愈嚴密，則社會意識愈佔重要地位。我們自己覺得，我喜歡文學哲學或科學，以爲這是由個人的意識所發出來的意志；實際上若細加思索，你就會發現你之所以喜歡文學，是因爲你受到了社會上的某種刺激，乃感覺到需要文學；你之所以喜歡科學，亦是因爲你覺得國內

太缺乏科學，太需要科學了。所以十九世紀德國農業化學始祖利比希說，物質科學的歷史告訴我們說，我們對於物質及自然現象的知識，是以人類的物質和知識需要爲起點，並受這二種條件的影響。

我們所說的社會意識，就是利比希所說物質需要的起點；我們所說的社會政治經濟條件，就是利比希所說的物質條件（其知識條件，即我們在下面所要說的學術背景）。這種主觀的社會意識和客觀的社會條件，就構成科學發展的社會背景。我們可以達爾文的進化學說作爲一個例子。達爾文的　化學說，可以說是十九世紀以來學術界最重要學說之一，它影響於物質科學、生物科學、社會科學、哲學，以至於人類行動。然而我們試追究他這種研究結果之主觀社會意識，就可以發現，在他那個時代，社會意識中有兩點引起他研究生物的進化現象。其一是馬爾薩斯的人口論。根據於馬爾薩斯的人口論，人口的增加是照着幾何比例，而食物的增加只照着算學比例，照這樣比例下去，勢必至於人類逐漸感受到食物之不足。達爾文就根據於這種意識，研究自然界生物現象，結果他發現了進化學說內之生存競爭適者生存原理。還有一個社會意識，就是在當時歐洲已在宗教改革之後，對於上帝的信仰，已起了懷疑。達爾文就在意識中自問，上帝既不存在，那末自然界物種，就不是上帝所創造了；既

不是上帝所創造，那末這些物種究竟怎樣來的呢？經過他細心研究，就發現是從物種變異自然選擇而來。這兩種社會意識，就構成達爾文研究進化學說之動機。

其次要說到他研究成功之社會條件。他研究進化學說之所以成功，亦有兩個條件，第一個條件是比格兒航海（The Beagle Voyage）的機會。當時英國正在全世界和歐洲其他各國競爭，以找尋帝國的殖民地和市場，因此常派有考察世界各地人種物產的航船，並藉此測量航海路線，比格爾船就是爲此種目的而出發航行世界。因爲船上需要科學家，所以達爾文有被邀的機會，隨着航遊全世界。因爲他有這種機會，經過五年的時期，採集和觀察全世界的生物，才有廣博深遠的成就，這是第一個社會條件。第二個社會條件，我們知道達爾文家境優裕，不慮衣食，所以他可以不必爲衣食奔波，專心在家中致志於研究，所以他有這種偉大的收獲。

所以沒有馬爾薩斯的人口論，沒有對於上帝創造萬物之疑問，達爾文就不會想起生物進化的問題；沒有比格爾五年週遊全世界的機會，沒有優裕的家境，達爾文的進化學說就不會成功。前者是主觀社會意識，後者是客觀社會條件。從這個例子看起來，就可以明瞭科學發展之社會背景，是決不可少了。

二、學術的背景　研究科學是人類在社會上的一種活動，所以科學的發展，是有社會背景的。更進一步，我們知道科學是一種學術，研究科學是一種學術活動，所以科學的發展，亦有學術的背景，而受各種學術進步的影響。凡學術都是思想受物界的刺激後，起整理作用，所收穫的成果，再表現之於文字語言者。每種學術，既表現於文字語言之後，乃又構成我們思想的刺激之一分子。所以每種學術，必然會影響於其他學術。例如哲學受科學影響，科學亦受哲學影響。同屬科學，物理學受化學影響，化學亦受物理學影響，諸如此類。這是學術之統一性，和上一章所提到的科學之統一性，其理相同。

我們試再以達爾文的進化學說為例。達爾文的進化學說，當時受他摯友萊伊爾之地質學影響極大。地質學家在那個時候，已發現了地殼曾經過許多次數的變遷，萊伊爾更看見地層裏面的古代生物，和現代生物不同。這種事實，既不能以上帝創造物種說去解釋，同時並給達爾文的生物進化學說以有力信據。此是其一。其次我們又知道達爾文研究生物進化現象所用的方法，是一種歸納方法。這種歸納方法，完全是受哲學家培根(Francis Bacon)的影響。在培根以前，西洋學術界是用三段論法及演繹方法；至培根乃指出演繹方法之不足，提出科學應當用歸納方法。培根在新工具一書中，討論此方法甚為詳盡，他首先就特別提出蒐

集事實之重要性，而後比較事實，去尋找其中所蘊藏的法則。這種歸納方法，恰好就是達爾文研究生物進化所用的方法。所以達爾文進化學說之成功，又得歸功於培根之新哲學。此是其二。

從上面看起來，萊伊爾的地質學和培根的哲學，就是達爾文進化學說成功之兩個很重要的學術背景。所以要瞭解任何科學之發展，就不可以不明瞭其學術背景。

三、本身的背景　這一點凡治科學史者，大家都容易瞭解；而普通一般所認為科學的發展史，其所最注意者，亦就是其本身之背景。例如達爾文的進化學說，必得在林耐的分類學之後；在林耐分類學成立之前，決不能有科學的進化學說出現。除此以外，達爾文之進化學說，並不是達爾文突然能夠成功的，在達爾文進化學說之前，還有拉馬克的進化學說，和居維埃的創造學說。這樣方一脈相承，以至於達爾文，乃成立更科學的進化學說。達爾文若早生一百年或五十年，就不會有這麼偉大的成就。這一點說科學發展史者是不能忽略的。

從上面這麼分析起來，可知每種科學之發展，都有其社會背景，一般學術的背景，和某門科學本身的背景。科學在大天才手中之成就，決不是祇憑天才就可以獲得，必須要有這三種背景，方能如果子之在秋天，成熟可食。歷史上許多科學成就，往往有兩個或兩個以上的科學家同時發表。英國牛頓和德國萊勃尼茲同時發明微分積分，英國亞當斯（John Coach

Adams），和法國勒木里（Leverrier）同時在十九世紀中預言海王星之存在，達爾文和華雷司同時找出自然選擇原理，這些都是歷史有名的例子。其所以能同時成熟者，就是因爲社會背景、學術背景和本門科學背景已使此項科學成熟了。所以我們認科學發展歷史，僅爲天才個人的成果，這是絕大的錯誤。

第二節　史前時代

我們既明瞭科學發展之背景後，就可以講述科學的發展了。嚴格地說起來，科學是一種用文字符號記載的學術，所以沒有文字符號，即沒有科學。人類的歷史，可以從有文字記載講起，而認無文字以前爲史前原人。但是科學並不是由文字符號所產生，不過是由文字符號記載之。科學是產生於人類在自然界求生存的技術。這種求生存的技術，爲科學之母。所以要講述有文字符號記載的科學發展以前，不能不先說明未有文字符號以前原人時代的生活技術。

原始人類，據現在研究所得，至少在五十萬年前，業已存在。最早存在者，爲爪哇之直立猿人；北平周口店附近所掘得的北京人，較爪哇猿人略進化，其存在年代，亦在五十萬年

前。至於歐洲發掘所得，如海得堡人，耐安得泰人，披爾當人，皆較爪哇人及北京人為後，約在二三十萬年以前。此種原人，皆無文化可言，其生活和獸類甚近，祇是每天出外覓食而已。

但是外表上雖和獸類生活相似，有一件事為獸類所不及，即製造工具是。人類自直立行路之後，二手得到解放，於是開始取木石作種種生活上所需的用具，如鑽木取火　取石獵獸等。自用木石之後，於是再進而施以鑿磨工作，用木作木器，用石作石器。我們現在從地下發掘所得者，經過數十萬年之泥沙堆積後，除木器已朽爛之外，尚可以看到遺留下來的石器。考古學家乃根據於石器的精細粗劣，將此種原人的文化，分為舊石器時代新石器時代等。有時各處所發掘者，形狀略有不同，精細程度略有高下，於是考古學家又常以發現的地方名字，名其文化，如穆斯忒文化即是。我們試將各時期的文化，列之於下：

五十萬年前	爪哇猿人	不明
五十萬年前	北京猿人	最粗石器並用火
二十萬年前	海得堡人	瑟利期文化(Chellean)
十五萬年前	披爾當人	阿修爾期文化(Acheulean)
十萬年前	耐安得泰人	穆斯忒期文化(Mous'erian)

三萬年前	克勞麥農人	奧麟耶契文化(Aurignacian)
		索留特累期文化(Solurrean)
以上爲舊石器時代		馬德冷期文化(Magdalenian)
一萬五千年前	依伯利人	阿齊利期文化(Azilian)
以上爲過渡時代		
有史以來	近代人	新石器時代
		銅器時代
		鐵器時代

從上表中可以看出原人文化，重要者爲石　，數十萬年來，進步甚微。直至人類有文字歷史以後，方由新石器時代轉入銅器時代。

在這樣生活狀態之下，並無科學知識之可言，祇是爲生存所必需之簡單技術而已。如每天出外覓食，至山林之間，追蹤獸跡而獵取之，今日用獵槍，當時就祗用簡陋石器。既獲得後，乃負之返家，剝製毛皮，作爲衣服，今日有製革工業，那時就祗土法剝製。祗是肉食，

尙不足以維持生活，於是取野產之穀類，在住處附近栽種之，在今日爲機械化農業，又加上化學肥料；當時就是人工除草，木石抓土，散上種子，聽其自然生長而已。凡此皆爲最原始之生活技術。從這些技術出發乃醞釀着科學思想與知識，近代人類，不過是再將科學知識應用於生活技術而已。

第三節 古代

原始人類以後有文字發明，是爲人類歷史之新起點。有文字作爲記載符號，其最大功用，即爲思想之工具。例如人類所遭遇之自然界氣候變遷者至鉅，既有寒暑之分，又有動植物生產之影響；於是人類用文字符號記載其寒暑變遷，乃開始有關於氣象及天體運動之思想。此種思想發展之結果，即成立天文科學。又如人類羣居之後，各人手製器具之技術，自有高下不同；無形中逐漸分工，由分工而有交易。交易之時，當初雖爲以物易物，但不得不有數字觀念；數字觀念既發展後，乃有簡單的數學符號及算術，此又爲數學之開始。由此科學思想，乃發軔於有文字符號之後。

人類之有文字，約在六千年前，所以眞正近代智人文化之開始，可以說始自六千年

以前。在美洲秘魯附近，曾發現有馬亞文字（The maya writing）及幼加田文化（Yucatan civilization）；在亞洲有恆河流域的印度文化及黃河附近的中國文化；在歐非亞三洲交界處有巴比倫尼亞文化；在非洲有尼羅河附近的埃及文化。何以世界各處人類差不多同時發明文字，開創文化？這些散在各處的文化，究竟是各處獨立創造，抑互相溝通而得？這是一個謎，亦是考古學家的一個難題。既有文字符號，作爲記載工具，所以先代人的知識，如天文學數學，可以傳給下一代；此處居民的知識，亦可以傳給彼處的居民。其所傳之範圍雖不廣，而對於促進思想進步的功效則甚大。據現在考古學家及歷史學家所知道者，關於科學知識方面，尤以巴比倫尼亞及埃及爲最輝煌。埃及巴比倫尼亞之後，即由希臘羅馬繼承之，這是西洋古代科學發展之淵源。

科學之發展，不能祇憑技術，尙有待於思索。古代人類的思想，因爲對於自然界知識不足，先祇能以人類本身的形態想像一切自然界之風雨水災等現象，故始而人化，繼而神化，這種思想，就是今日我們所說的宗教迷信思想之由來。自古代人類的社會組織城市化後，於是發生一種代大衆掌宗教迷信事務之僧侶，專卜凶吉等事。當時大衆以及大衆領袖，認僧侶爲通神明的智者；而對於自然界一切現象，亦惟有他們有餘暇的工夫，給以思考研究。日積

月累之後，從他們思考研究之心得中，乃產生了科學的萌芽思想。所以古代天文學數學之類，皆出自他們之手；即其他有關於文字工作，亦都操在他們的手中。我國殷墟龜甲，上面所載皆爲卜辭，同時載有殷代年號月日，這些年代月日之記載，亦就是曆學之開始。所以巴比倫尼亞在五千年前，已將年分爲三百六十五日又奇，月爲二十九日十二小四十四分有奇，並且已經指出天上許多星座，如天秤宮、白羊宮、金牛宮、雙女宮、天蠍宮，后羿宮等。在數學方面，有一至一千三百五十之乘法表，甚至有平方及立方表。除曆數之外，尚有簡單的醫術。這些都是科學之萌芽，其成爲特殊學問之科學；亦就操在僧侶的手中。

巴比倫尼亞如此，埃及亦是如此。埃及尼羅河兩旁之田甚肥，頗適宜於耕種；但是每年必汜濫一次。河水汜濫，對於居民爲極大的威脅，於是僧侶們仰觀星辰，知道每年於天狼星和太陽同時出沒的時候，即爲洪水將至的時候，由此居民可以事先防範。埃及爲此事並建造一座廟宇，其建築方位，即對着東方地平線，當天狼星上升至該地平線，即表示洪水將至，居民可以準備遷移。這就是埃及僧侶們對於天文學的研究所得。亦因爲有尼羅河之汜濫，汜濫後又得重新測量各家田地，於是產生了幾何學；幾何學和其他數學相同，亦是由僧侶們思索研究所得。所以巴比倫尼亞和埃及的科學家，就是僧侶；僧侶亦就是科學家。

巴比倫尼亞和埃及的科學，操在僧侶之手；至希臘乃轉移至哲學家之手。希臘哲學家，如推爾司亞里斯多德等，既傳襲巴比倫尼亞和埃及之科學遺產，乃重加思考研究，使科學脫離了僧侶而更系統化，以至於成爲獨立的學術；他們的職業，不在占卜凶吉，而在研究學術；研究有得，即各人設立學校，以授子弟，有如我國戰國時代之諸子百家。這種理論研究風氣，始於推爾司而盛於亞里斯多德。亞里斯多德的萊與學院，得亞力山大帝之助，規模最大。萊與學院之後，在亞力山大里亞城所成立之博物院，尤集希臘學術之精華於一處，四方來此留學者甚衆，盛極一時，希臘時代之理論科學研究，可謂登峯造極；直至博學院失火被毀，羅馬侵入希臘，一代學風，乃告一段落。

科學的發展，在巴比倫尼亞及埃及，可以說是僧侶時代；在希臘可以說是哲人時代。僧侶重應用而帶迷信色彩，哲人重理論而有論理思想。至羅馬興起，旣襲希臘之遺產 又回返於應用，不過不操在僧侶之手，乃操在技術家之手。如建築家維特碎維河司 Vitruvius 同時爲物理學家，園藝家普林尼 Pliny 同時爲生物學家，醫師格侖 Galen 同時爲解剖生理學家皆是。技術家重應用而輕理論，故進步遲緩。待羅馬崩潰，平民及奴隸們久受統治者壓迫，羣向宗教求安慰，於是科學又回返到教會僧侶手中，此時僧侶之迷信重於思辨，註解重於

創造，科學乃進入中世紀黑暗時代。

第四節　中世紀

羅馬帝國在紀元後第四世紀末，乃分爲東羅馬及西羅馬。東羅馬以君士坦丁爲中心，重振希臘學術，以後希臘學術，得由此傳至阿拉伯。西羅馬以後即分裂成小單位，形成封建之勢，一切學術得以保存者，皆有賴於教會。

阿拉伯位在君士坦丁之東，既由西方吸收希臘之文化，復由東方吸收印度文化，在八世紀時，成爲世界科學之中心，所有希臘著作，皆譯成阿拉伯文，並且更作進一步之研究。吾人所用數字，既爲阿拉伯文；有許多科學名詞亦採用阿拉伯文，如西文「酒精」一字即是。阿拉伯科學之特點，爲重實驗，如煉丹術、光學試驗，在科學史上，皆佔着極重要地位。以後因回教勢力膨脹，至十二世紀以後，科學乃趨於衰落。

至於歐洲之各封建單位，除教會之外，幾無科學可言。教會內之學術文化，一部分留存意大利，又一部分流傳至新興之英國。留存意大利之學術文化，以亞里斯多德之著作爲中心，祇有註解，而無新創研究。流至英國者，至十三世紀，由洛傑培根之奮鬥，力求自由解放

，指摘亞里斯多德著作中的錯誤，乃掀起文藝復興中之科學復興運動。至十五世紀哥白尼推翻地球中心說，十六十七世紀刻卜勒葛利略創立新體系的力學，於是科學乃進入於近代的新興時期。

第五節　近代

近三百年來爲歐洲科學興起時代，此種興起，並不祗是由於學者在書本中追求眞理而得，乃是由於工商業之繁榮所致。上面固然提及洛傑培根以懷疑態度研究亞里斯多德的著作，葛利略在力學上又確證亞里斯多德力學之錯誤（即物體墜地，重者先到，輕者後到，葛利略在比色斜塔上却證明物體雖有輕重而落地之速率相同），哥白尼又推翻托洛美之地中心說；但是科學興起之眞正原因，還是因工商業及航海發達所致。

在十三世紀後半葉，元朝疆域遠及歐洲，東方文明亦跟着傳入歐洲，歐洲即想和東方亞洲通商，一二七一年馬哥孛羅遠遊中國，即作了開路先鋒。馬哥孛羅返歐洲後，作了遊記，稱道東方文物，更促使歐洲人要向亞洲通商致富的雄心，於是航海探路之事，即接踵而來，至十五世紀乃達到極盛時代。一四八六年巴托洛苗 Bar olomeo 首先由歐洲出發，向南航海

而發現了非洲南端的好望角。過了六年（一四九二）哥倫布篤信地圓之說，以爲由西班牙出發，往西航海亦可以達到東方的印度，於是在一四九二年十月十二日發現了美洲，到達了巴哈馬島之聖薩爾亞多島，此時他猶以爲是到達了東方印度，故以印度名其地，即今日地圖上之西印度。一四九七年約翰卡波特 John Cabot 正式發現了北美洲。一五一九年葡萄牙航海家麥其倫達到了南美洲，從南美洲到太平洋，以後至菲列濱，雖本人死在該處，而所帶領的航海隊又重新回到大西洋，這是歷史上人類首次環繞地球一週。實際上他們都是爲的尋求通東方的航海路線，理論上乃證明了地球是圓的，更增强了地圓之說和日中心說。所以哥白尼白倫諾等新的宇宙觀，爲時代所需要，不祗是個人在理論上追求眞理而已。

在這樣的時代搖蕩之中，人人的宇宙觀爲之一新。亞里斯多德及托洛美等舊思想已失其勢力，在思想界有法蘭西培根 Francis Bacon, 1561—1626 的反對亞里斯多德演繹法，自己提倡新的歸納法，後者他認爲是最重要的科學方法；又有笛卡兒 Descartes, 1596—1650 的機械論和身心二元論，他們和刻卜勒及葛利略都是同時。所以刻卜勒及葛利略的新科學成熟時期已至，刻葛二氏的新力學，至十七世紀初英國牛頓乃集其大成。我們認近代科學史，開始於牛頓，其力學支配了科學界至三百年，(三)亦是時代成熟，故天才乃應運而生。

牛頓力學爲近代天文力學之基礎，同時亦爲近代物理學之基礎；物理學若抽去牛頓力學，可以說不成其爲物理學。然而牛頓力學，間接乃爲航海通商時代之產物。在這樣時代之中，所產生的科學，不祇是牛頓力學而已，還有更直接和航海有關，並同樣爲近代物理學中之重要一課者，那就是基爾勃 William Gilbert, 1540—1603 的磁學。基爾勃爲歷史上首先用實驗方法證明地球爲一大磁場之科學家。當時航海家皆用磁針及天上星座作爲認辨方向之方法，而磁針應用尤廣；但是航海家祇知其然而不知其所以然，待基爾勃研究成功後，大家方知道其理，這就是物理學內電磁學之開始。所以科學家爲時代之產物，科學亦爲時代之產物，得此明證而益爲顯然。

牛頓力學和基爾勃磁學既成立後，科學事業亦跟着進展。在十七世紀下半葉，法國成立了法國科學院，英國成立了皇家學會。這些科學團體，現在我們常認爲純學術團體，在當時不過是一些好學深思之士，藉此常聚在一起，討論如何利用科學以增進生產及擴充航業而已。例如皇家學會之起草案中有云：

「吾人宜有效地把握自然實驗哲學之進步，尤其有關於足以增進商業的發明，更加以有用的發明，以增進吾民之福利利潤和健康，吾人之理性啓示如此，吾帝國之航遊經驗亦

證明如此。爲此事最宜於能幹睿智之士，凡富於此類知識者，特別注意及此而研究之，向着此種目的，組成學會，並享有一切應有權利及自由。」(Wren草案)

自這種學會成立之後，於是科學事業，開始爲社會人士所注意。英國有名的格林威爾天文台，亦於一六七五年八月十日成立，此天文台即所以爲航海服務。

在十七世紀之後，十八世紀開始，英荷等國航海世界既已成功，國內小工業生產突飛猛晉；隨着工業之繁榮，開始有蒸汽機之發明。一七一二年紐孔門(Newcomen)發明蒸汽機，一七六三年瓦特再給以改良，以後引起工業革命。同時(一七六四年)得雷司哈格里夫司發明紡織機，使紡織工業進入於新的時代。一七五二年美國佛蘭克林發明引導空中閃電的方法，使人類開始想到追求利用電力的方法，於是英美工業界，更認識科學的力量。在工業中心的伯明罕曾成立月會(The Lunar Society)，該月會有瓦特等參加，成爲較皇家學會更有力之科學中心。一七五五年，美國佛蘭克林發起費城學院，以促進科學研究。法國拿破侖時代，有砲兵學校，大數學家如拉柏拉司拉格朗奇等皆由該校畢業，其傑出人才即爲拿破侖氏。拿破侖窮兵黷武，東征西伐，復有賴於化學家拉伏希爲之主持兵工廠。拉伏希即在兵工廠實驗室內，完成其歷史上有名的實驗。故自十七世紀初近代科學發創以來，至十八世

紀既充分用之於實際事業，並漸伏十九世紀科學之新發展。

降至十九世紀，各國實業界因已認識科學之重要性，各國政府亦開始以政府力量資助科學研究，例如德國卽急起直追，在大學內廣設科學課程，並設立研究院；其機械工業及化學工業在十九世紀下半葉甚至超過英法。在理論科學方面，物理學有熱力學及電力學之發展，化學內成立元子學說，生物學內有進化論出現，凡此皆使科學本身在理論方面有急劇的進展，其成就尤勝於十七世紀和十八世紀。各國的科學發展，使他們的國力強盛，在地球上遠勝過其他各處的人類，卽在東亞的我國，受到各國的侵凌，亦是從十九世紀開始。

十九世紀的科學成就，一方面使工業生產力和軍事戰鬥力增強，又一方面使科學理論和實踐分歧更甚，以至於極端學院化。故二十世紀以來，純粹科學的思想已瀰漫於學術界。在二十世紀中，每十年的科學進步，可以抵當以前一世紀的進步而無愧。現在已將踏進二十世紀之中葉，怎樣使純粹科學和技術科學不脫節，怎樣使科學由經濟爭奪及戰爭侵略中轉變爲造福全體人類的工具，亦將於二十世紀下半葉實現乎？這是我們日夜所企望，亦是我們今後所要努力促成的。

結語

從上面所述的科學發展史中看來，可知科學之發展，並不是超社會而獨立。鑒往知來，從此我們可以知道將來科學的發展，亦將循此道而行之。

習題：

(一)從達爾文進化論的例子，闡明科學發展之原則。

(二)何以牛頓力學中沒有熱力學和電力學？

第三章 宇宙體系

近代準確的宇宙觀，始自十六世紀初的哥白尼(Nikolaus Copernicus)，哥白尼氏首先指出我們人類所住的地球，並不是宇宙中心，地球是繞太陽而轉的。他並且指出地球不過是衆行星之一：除地球之外，還有其他行星，較地球離太陽，或近或遠，共同繞着太陽轉。這種學說是很科學的；不幸受到當時教會的反對，認爲有損上帝的威信，以至於其書被焚，其說被誣。當時非但教會的僧侶反對極烈，卽普通學者，慣於認人類爲萬物中心，認人類所住的地球爲宇宙中心者，亦對之很有疑問。這是一種慣於以自我爲中心者很難免的主觀成見。

直至十七世紀初，葛利略自已製造了望遠鏡，方能夠看到較肉眼所能看到者更多的天體星辰，從而證實了哥白尼學說，使之不至於再發生疑問。例如一六一零年他在遠望鏡裏窺見了木星週圍有四個很小的衛星，這四個衛星，每天晚上都改變其位置，於是他說，這就是木星的月亮，有若地球之月亮。從此可知地球和木星，都是繞太陽而轉的行星。所以他說哥白尼是對的，天體不是以地球爲中心，而是以太陽爲中心。他曾向反對日中心的人們說，「你們誰敢來我這裏看望遠鏡麼？你們愈反對日中心說，就愈怕來看我的望遠鏡！假使你們來看

一看我的望遠鏡，事實勝於雄辯，你即無法再主張地中心說了！』今天誰亦不會再這麼瘋狂，相信地中心說了！然而才三百年前，主張日中心者却被認爲瘋狂呢！

近來天文學的知識，非但達到了各行星，並且更擴大而達到了許多恆星，達到了許多恆星所在的星雲，甚至於達到了許多星雲所在的大宇宙，眞正達到了我們尋常所說的「天邊」了！現在我們要試從地球出發，向天邊去作一次環宇旅行，觀看宇宙的眞象，究竟是怎樣的。

第一節　太陽系

我們首先離開地球之後，即可以看到有九個行星圍繞太陽而轉。這是一個以太陽爲中心的系統，名曰太陽系。這個名辭葛利略早已應用了。在太陽系裏，由太陽吸引力所引住者有慧星流星，惟最主要者，爲九大行星。九個行星，有自轉，有繞太陽的公轉。其大小直徑不同，其密度亦不同，其離日的距離亦不同，可以列表如下：

星	直徑（英里）	密度以水為一	離日距離百萬英里	公轉	自轉
日	864·100	1.41			24.6日
水	3.100	3.80	36	87.97日	88日
金	7.700	4.86	67	244.70日	30日
地	7.920	5.52	93	365.26日	24小時
火	4.215	3.95	142	686.98日	24時37分
木	86.640	1.34	483	11年10月14日	9時55分
土	74.100	.7	886	29年5月16日	10時14分
天王	32.000	1.27	1.783	84年7日	11時
海王	31.000	1.58	2.793	164年9月11日	16時
冥王	4.000—10.000	?	8.680	294年2月	?

在上列表中，第九行星冥王星，是一九三零年才發現的，發現者為美國羅威爾天文台（Lowell Observ tory）的湯包氏（Clyde W.Tombough），西文名曰 Pluto。冥王

星雖地球既遠，直徑亦不大，故在望遠鏡內肉眼亦不能見，祇能用照像片照其影子。

地球在這些行星裏面，以大小而論，並不是最大者；以密度而論，爲諸星之最大者；以離日距離而論，列在第三位。以其密度及溫度（離日距離）而論，在這樣條件之下，產生了人類，即可以推想到其他行星上面，皆不能有人類，祇金星火星，或尚有可能。所以人類很幸運，能在地球上生存，並產生文化。以繞日旋轉而言，最大的木星需時十一年多，冥王星則需二百九十四年零二月，我們人過了一生，天王星海王星和冥王星還沒有繞日一轉呢！

雖然這些行星有大小不同，密度不同，離日距離不同等區別，但是他們有共同的運動，都向着一個方向繞日而轉，並且幾乎是在一個平面上轉。然則是否它們有一個共同的歷史呢？在一百多年以前，法國數學家拉普拉司（Laplace）就說，他們是有共同歷史的。他以爲原來最先太陽系是個龐大的星雲，以太陽爲中心一直填滿至最遠邊境上爲止，那就是今日所發現的冥王星。這個星雲在長時期中，冷下來了，經過了收縮作用，於是流出來一個赤道環。以後亦道環凝結下來，就出現了這九個行星。這就是太陽系九大行星的簡單家譜。拉普拉司的這種學說，即爲有名的星雲學說。

假使這種說法是對的，那末各行星在外，太陽在中央，各行星的公轉轉動力，所謂動量

距者（Moment of momentum），應當小於太陽自轉的動量距。然而據現在所知道，各行星的公轉動量矩，比較之太陽自轉的動量矩要大得多。除非當初太陽自轉的動量矩，要比現在大得多，否則是不能流出海王星等行星來的。這一點又爲不可能，因之拉普拉司的學說，在理論上非常困難。

因爲要解決這個問題，二十世紀初美國的天文學家莫爾頓氏（Moulton）和張伯林氏（Chamberlin）又提出一種學說，名曰微星學說（The planetesimal theory）。根據於這個學說，謂當初有某行星行近了整個龐大的太陽，於是太陽體質就發生了很大的騷動，太陽的兩對面就發生了很高的潮汐。潮汐既高起來，乃成兩個螺旋狀的流質物，類似其體而微的星雲。星雲凝結之後，乃成今日的行星。

所以各行星都是當初由太陽體上飛散出來的。飛散出來的物質起初爲氣體，氣體冷而爲液體，液體再冷而爲地球狀固體。現在離太陽較近的幾個行星，如水星、金星、地球、火星之類，因爲是從太陽靠近中心部分流出來的，故密度較大；而靠近外面的幾個行星，如土星、天王星、海王星等，因爲來自太陽的靠近外面，故密度較小。此外還有一點，即靠近太陽的幾個行星，如水星、金星、地球、火星等，因爲體量較小，所以吸引力亦小；吸引力既小

，浮在表面上的易發揮氣體，就容易發散開去，結果則密度較大。反之離太陽較遠的幾個行星，如木星土星等體量較大，體量大則吸引力大，吸引力大則氣體不易發散，故密度較小。在密度小的行星上面，還存在有許多氫氣，而在地球上面已很少氫氣了。所以微星學說，似乎較拉普拉司的星雲學說更合理些。

照微星學說講起來，自從某行星接近太陽以後，距今已有幾十萬萬年了。在當初各行星運行的軌道，必定較現在的軌道更大，那就是說離中心點更遠。而各行星本身，因爲受到了太陽的吸引力，亦起了潮汐，這種潮汐乃又各形成了行星的衛星。例如地球的衛星——月亮，就是這麽作成的。照天文學家計算起來，月亮應當是在四十萬萬年以前離地球而獨立的。

以上是太陽系的簡單歷史。

第二節　恆星

假使我們再旅行得遠些，至冥王星以外的世界去，我們就可以看到原來宇宙中不祇是一個太陽，還有許多別的太陽。這些太陽又在一個更大的集團中運行。所以說太陽是恆星，祇

對着我們行星而說是可以的；一旦我們走到了太陽系以外的空間去，則我們立即看到太陽並不是一個不動的恆星，而是一個跟着其他太陽共同運行的一個星。

在這許多太陽之中，離我們最近者，當然是我們自己的太陽。太陽離地球的距離，約爲九千三百萬英里，以我們地球面上的距離說起來，已經是駭人聽聞；但是在天體中說起來，那是非常渺小了。從九千三百萬英里以外觀察起來，我們可以看到太陽上面有許多有趣的現象。

首先我們知道太陽雖有九十萬英里的直徑，但是其面上全是氣體，光芒四射。在日食的時候，日光被月亮遮住，那個時候，正是我們觀察太陽面上氣體運動最好的機會；在望遠鏡內，但見太陽面上，熱氣騰騰，約有華氏九千度。據推算起來，其內部還要更熱，有華氏三千五百萬至四千萬度。亦許在夏日炎炎時，我們痛恨日光太熱；但是一想到地球面上一切的活動，都由太陽供給能力，則我們對於這些熱力，正感激之不暇，決不會再咒詛了。

太陽面部的光芒，在天空中往往上昇幾百萬英里，名曰日冕(Corona)。用分光鏡分析之，知道太陽上所有的物質元素，和地球上所有者相同。在十九世紀末葉，一八九五年，那時人們在地球上還不知有氦氣，而芮雷勳爵（Lord Rayleigh）就在日光光譜上，找到了一個新

元素，芮出動濟即名之曰氦，此字從希臘原文「太陽」而名。以後果然在地球上亦找到氦了。是一種很輕的氣體，德國用之於製造飛船。所以氦的發現，亦是科學界的一件美事。

在日冕之下，我們還可以看到有若野獸爬在太陽面上似的日珥(Prominences)，爲紅色的火焰，在運動不息，每小時可以高昇六萬英里，最高時可以昇至十四五萬英里，其高達地球直徑十八倍，甚至九大行星全舉起來，還不如其高，眞是奇觀。

然而太陽究竟內部是什麼組織，我們還不大明白；我們祇知道太陽體可以分爲三層；最內部爲光球層(Photosphere)，光球層之外爲反變層(Reversinglayer)，約厚五百至一萬英里；反變層外爲色球層(Chromosphere)，厚約五千英里至十萬英里，所謂日珥，即在此層。色球層之外，即爲上面所說的日冕了。

在太陽面上，既是熱氣沸騰，我們就可以想像到那裏的氣體分子，運動劇烈。但是在光球層上，我們還可以看見奇怪的現象，那就是旋渦式的黑斑點，我們名之曰太陽黑子(Sun-spots)。太陽黑子出現的數目，往往有一定週期，約十一年爲一週期，那就是說，每十一年一次，其數目特別增多。因爲有太陽黑子的變動，乃影響於地球面上的氣候磁暴以至於北極光等。以太陽黑子作爲符號，而研究太陽的旋轉，知道太陽在赤道上的旋轉，爲每二十五天

一週，而南北二極則需三十八天方能轉一週。可知太陽決不是固體，而是液體和氣體之混合物。

以上是我們自己太陽的奇觀。我在上面已說過，因爲太陽離我們最近，所以我們關於太陽亦知道得比較詳細。但是我們的太陽不過是太陽系外衆太陽之一。我們在地球上面觀看的時候，太陽既大又亮，但是太陽系之太陽，祇是晚上所見之點點星辰而已。這並不是說我們的太陽在諸太陽之中，是最大最亮者，其餘的太陽，都是很小很暗者；乃是因爲其他的太陽，離我們過遠，故在地球而上看起來，成爲又小又暗，祇有在太陽西沈，月光不見的時候，才看得分明了。假使天文學家欲觀察這些太陽系外之太陽，祇能在大地暗沈衆人酣睡之夜，守在望遠鏡下研究之，所以天文學家，不得不爲晝息夜作的工作者。

固然我們在天氣清朗，月色深藏之夕，仰首蒼穹，可以看出二三千星辰，古人亦嘗分成二十八宿，若者爲仙女星座，若者爲大熊星座，若者爲仙王星座，若者爲仙后星座等；但是一經天文學家用望遠鏡觀察之，在一小區域內，即有無數千星，計有名字者 有二十萬顆之多。天文學家乃依照其光亮程度不同，將各星辰分成若干等級。肉眼所能見者，祇六級而已；用望遠鏡觀察之，可以見到十七級之多。假使再用照相機從望遠鏡中攝其影，則可以達到

二十三級。卽新發見的第九行星，所謂冥王星者，亦是由照相機攝影而得。其所以如此者，或因距離雖近而光弱，如冥王星卽是；或因光雖強而距離過遠。

我們的太陽，離地球已有九千三百萬英里；今若對於這些很遠星辰，亦用英里計之，則天文學書上，將滿紙爲「零」。今爲省去許多「零」起見，乃用光的速度計之。光的速度，每秒鐘爲十八萬六千英里；星的距離，要用光年計算之，一光年卽爲光在一年中所走的距離，計在六之下，再加十二個「零」，卽爲六萬萬萬英里。更遠的星，則用巨光年(Megapar-sec，此譯名不見於國立編譯館出版之天文學名詞一書，余姑暫譯之）計之，一巨光年爲3.26百萬光年。

在這些星辰之中，最近地球者，爲南半球所能見的半人馬座(Alpha centauri)，離地球有4.3光年。卽我們北半球所常見的所謂北極星，離我們亦有四百餘光年。我們今日所見的北極星，其實其光在哥白尼時代，或明朝的時候，（四百年前），早已發出來了。這些星辰有的很大，例如特別大的天蝎座之心宿二(Antares)，直徑有四萬萬英里，幾乎有太陽直徑之五百倍；獵戶座參宿四(Betelgeuse)有太陽之二千五百萬倍那麼大。但亦有祇有太陽三分之一那麼大的恆星。我們的太陽，在衆太陽之中，可以說是很近平均體量的恆星！

各恆星非但大小懸殊，其構成物質之密度亦懸殊。如上所述之天蠍座心宿二，其密度較之我們實驗室真空中之空氣還要稀薄。獵戶座參宿四較之地球上空氣還要稀薄。可是亦有非常堅硬者，例如大犬座之天狼星(Sirius B)，其密度有水之六萬倍大；試取其一立方英寸的物質，在地球上稱之，有一噸之重，其密度可想而知。

我們普通所說的星座，都是由好些附近星辰拚湊起來想像而成，例如仙女座大蠍座之類，其實在每一個星座之中，各星相差的距離，常有許多光年，並且各自移動很快。但是在地球面上，往往幾世紀內亦覺察不到其移動，這是因為離地球太遠之故。因為我們覺察不到其運行，故以恆星名之，例如我們自己的太陽，亦以恆星名之，其實太陽在一秒鐘內，約要走二三百公里；因為我們整個太陽系跟着走，所以我們亦不覺得在走動，而名之曰恆星。

各恆星非但在移動，並且在變動，換言之衆恆星都和我們太陽一般，有一個生活史。從我們地球上面，要判斷這些星辰的生活年齡，當然不是一件容易事。但是我們得到了一個很好的標幟，那就是各恆星的顏色。顏色可以代表溫度，例如一塊鐵球，在火中燒之，起初很冷為黑色，以後較熱為紅色，以後更熱為白色；假如再拿出火外，則鐵又由白熱而紅而黑。非但顏色有變遷，即體質亦大小不同；放入火內，由小而漸大，是為漲大期；由火中取出以

後又由大而小，是謂縮小期。我們看星辰的年齡，亦就用這個方法判斷之。

每個恆星，都從漲大期而降至縮小期，猶之乎鐵球在火中，再從火中取出來，即由漲大期而至於縮小期。在漲大期中，星光的顏色即各有不同，從不同的顏色中，乃判別其發展時期之不同。尋常所能看到者，有七個時期，天文學家名之曰M.K.G.F.A.B.O.期。此名稱由美國哈佛大學天文台命名而得。M期為紅色期，是為星球誕生期；K期為橙色，如牧夫座α(Arcturus)即屬之；G期為黃色，如御夫座α(Capella)即屬之；F期為淡黃白色，如我們的太陽及天船座α(Canopus)均屬之；A期為白色，如天鵝座(Swan)的亞立對(Ariled)即屬之；B期為色淺藍白，如獵戶座β(Rigel)即屬之。普通恆星，漲至B期，即達到最熱期。惟有體量較大者，能達更熱的一期，那就是O期。

恆星從M期達到B期或O期時，即漲至最大，並熱至最高，其所能達到之時期，以體量而定，愈大則愈能上昇。如太陽亦許祇能達到F期或A期。以後即逐漸冷却，而趨入縮小期。其經過情形，即和上面相反，由O而B而A而F而G而K而M，顏色即由淺藍白而白而淡黃白而黃而橙而紅，正是漲大期中各時期之倒置。所以一個恆星，初誕生時爲紅色，將死去的時候亦是紅色。這不是和一個鐵球由冷而熱，又由熱而冷，正相似麼！

所謂光，是一種能力，恆星所放的光，卽由體量所變成的能力。恆星不斷地放光，卽其本身不斷地將體量消滅，變之爲光。太陽的光，卽由太陽的能力所變成。我們的太陽，現正在漲大第四期中，照金施（Jeans）教授之估計，每秒鐘因放光發熱，放出能力，其體量要消失四百萬噸。假如照這樣下去的話，再過一千五百五十萬年，其物質將消失殆盡。至於太陽附近的各恆星，大多數已在縮小期中。漲大期的生命較短，約不能超過一個恆星全部生命之二百分之一的時間。我們所見遠處恆星，大多數是在漲大期中；因爲在漲大期中，星光較亮，我們才能看見之。

所以我們在太陽系之外，還可以看見有這麼許多大小不同密度不同年齡不同的恆星。這些恆星在大空中又是怎樣排例的呢？我們從地球上面看起來，乃是衆星密佈的銀河，其實我們的太陽，亦是此銀河之一部分。假使至銀河以外，俯看起來，乃是扁圓形的一團，若我們身上所佩的表那樣。此扁圓形一團，繁星成帶，螺旋而出，卽所謂螺旋星雲。這樣一個螺旋星雲，名曰一個島宇宙(Island universe)，亦卽是一個銀河系(Galaxy)。我們自己的太陽系約居在這個銀河系中心附近。我們這個銀河系，厚約三千光年，直徑約三萬光年。而我們太陽系的直徑，才十一光小時，比之銀河系，其渺小的程度，可想而知。

第三節　星雲

我們由地球向外旅行，已經走出了太陽系；再從太陽系走出了許多太陽所在的銀河系，則扁圓形是螺旋狀的本銀河系，已在我們眼前了。然而再往左右一看，但見許多銀河系，呈列眼前，有若汪洋大海中之島嶼，這些島嶼，就是上面所稱的島宇宙。

每一個島宇宙就是一個銀河系；每一個銀河系，我們又名之曰星雲。許多星雲，又復聚在一起，名曰超銀河系(Supergalaxy)。在整個宇宙之中，現在已看到有四十餘超銀河系；每個超銀河系，有若大洋中之羣島。至於我們本銀河系所屬之超銀河系，有九十來個銀河系，此羣島全體亦是扁圓之表形。其厚為二萬光年，其直徑為二十萬光年。至於我們本銀河系的位置，約在離本超銀河系之中心有五萬二千光年。這樣看起來，假使我們走路能和光一樣快，即一秒鐘能走十八萬六千萬里的話，則由太陽系一端沿直徑走到太陽系又一端，需十一小時；要從本銀河系的一端，沿直徑走至本銀河系的又一端，需三萬年；要從本銀河系所在的超銀河系，從一端沿直徑走到又一端去，需時二十萬年。所以我們要在自己超銀河系內旅行，非但要走得快如光綫，並且要能活幾十萬歲。現在我們飛機一秒鐘才十分之一英里，人

生才一百年，想起來要在宇宙中旅行，直是作不到的事。

假使我們人類要待旅行宇宙一週之後，方能知道宇宙的梗概，那末人類根本就沒有這些天文學知識之可能了。幸而我們人類有望遠鏡，能在地球上面，觀看（或照相或分析光譜），數萬萬光年以外的星辰。如最近在美國完成的直徑有二百英寸的巨型迴光鏡，能使我們觀看至十萬萬光年的星辰。人是用工具的動物，我們所用的工具能達到這麼大的效用，人類亦可以自豪了。

利用這個新的巨型迴光鏡以觀看宇宙，我們不久將有無數新的天文知識，這是已在意料之中。可是即使在未用新迴光鏡以前，我們已獲得了不少的天文知識。例如各種星雲，最遠的離我們有二萬四千萬光年之遙。在這許多星雲之中，亦不是每個相同，總計起來，可以分成下列五種：

第一種為黑暗星雲，(Dark nebulae)這種星雲之所以知道其存在，是因為太空中某一區域，衆星完全黑暗，故知其必有一個黑暗星雲存在。例如南十字架座(Southern Cross)附近之「煤袋」(Coal sack)，和獵戶座(Arion)內的「馬首」(Horse's head)即是。大概這種星雲，或為氣體，或為瀰散的微塵。

第二種爲環星星雲(Nebulae surrounding stars)。這種星雲，都是由於星光反映而閃爍的塵雲，例如七姊妹座星雲(Pleiades nebulae)即是。

第三種爲氣體狀星雲(Diffused gaseous nebulae)，例如獵戶座內的星雲即是。在這個星雲裏面，嵌得有幾顆明星，看起來顯然是與星雲相連。但是要說明整個星雲究竟有什麼形成恆星的傾向，則非常困難。

第四種爲行星狀與環狀星雲(Planetary and ring nebulae)。這種星雲並不大，但是有一定的周邊，尋常在中間有一顆星，此外還有些表示是從前破裂出來的新星。這種星雲，大概和最熱的O類星有一種關係；不過究竟有怎樣的關係，現在還不大明白。

第五種螺旋狀星雲(Spiral nebulae)，這種星雲，比較數目最多，並且有一定的結構。星雲中間，有一個橢圓形的中心體，外面爲螺旋狀長股圍繞着。這些長股，常分歧爲二，從中心體兩對面分歧出來。長股上又分有許多節，各節似乎是在創造中的恆星。例如公主座星雲(Andromeda nebulae)即有兩個小伴侶，似乎已從股中分離而出。

在上面五種星雲之中，以第五種爲天文學家所最注意，因爲自從康德拉普拉司的太陽系從星雲進化而來的學說出世之後，不久英國天文學家赫瑟爾爵士(Sir William Herschel)即

找出二千個星雲，以維護星雲學說。直至最近，星雲學說，還是有相當勢力。赫瑟爾爵士已主張說，恆星即位在螺旋狀星雲裏面，銀河即爲螺旋狀星雲之緣輪，有如我們在上面所說。但是在其他四種星雲之中，亦未始不可以產生恆星，例如黑暗星雲，何嘗不能有已形成的恆星，祇以離地球太遠，我們看不到其所放射之光耳。

第四節　月亮及其他

我們在上面已敍述了從太陽系而銀河系，而超銀河系，而全宇宙。我們自己住在地球面上，祇能神往，聽天文學家的報告，許多事實都不是我們所能目覩。住在地球上面，最引起我們日常注目者莫過於日月二球。因爲日月二球，給地球上的光亮最多。以我們的肉眼估計，似乎日月二球，差不多大小；其實月球在太陽系中，在整個宇宙中，其地位非常渺小。

我們看起來，月亮和太陽似乎差不多大，其實月亮的直徑才不過二千英里，祇有地球直徑之四分之一；和太陽比，還不到太陽直徑之四百三十二分之一，那就是說將四百三十二個月亮疊起來，還抵不到一個太陽。我們之所以看到和太陽差不多大，並且比其他星辰要大得多者，完全是因爲它離我們地球很近之故。月亮之離地球，不過才二十五萬英里，這樣的距

離，在天空中，要算是很近了；假使以光的速度計算之，還不到一秒半鐘。它是被我們地球的引力吸住，繞着地球轉，所以祇是地球的一個衛星。至於我們所看到的光亮，並不是其本身放出來的，乃是由日光反照而得，這一點我們大家都已知道了。

月亮繞地球而轉，其本身沒有自轉，所以從地球面上看起來，老是祇看見一面。月繞地球一轉，共需時二十七天零八小時。但是何以我們說一月有三十天呢？這是因爲我們地球在繞着太陽轉，所以月繞地球一週所走的路程，並不是一個圓週，而是螺旋形的，是長過於圓週的，所以繞地球一週，需時二十九天半了。

月亮既離我們地球這麼近，所以我們用望遠鏡觀察之，可以將月球移至離地球五十英里那麼近；在這樣距離之內，非但月亮上一個大城市可以看到，即一個齊柏林飛船亦可以看得到。所以關於月球面上的觀察，可以較任何星球面上爲更清楚。我們現在能夠看到月球面上，有許多山峯，最高者達一萬五千尺；此外有許多圓形口(Craters)，有若地球面上之火山口，不過月球上圓形口不是洞，而是平底，若盤子式。至於在月球面上，既無水亦無空氣。因爲假使有氣體，必會向各方面分散，如地球上空氣，可以飛散至二百英里之高。假使在月球面上，其空氣亦飛散得那裏高，那麼這些空氣，早就被地球吸引力所吸過來，因爲我們知道

地球之吸引力，要大過月球六倍。既無氣體，故若地球上無雲霧時，我們要觀察月球面上，就可以看得非常清楚，其圓形即連用肉眼觀察之，亦隱約可見。從這一點，我們可以想到月球上面决不能有生物存在了。

因爲沒有氣體，所以月球上面的情形就像地球上的沙漠地，日光照到，炎熱非常；日光不照到，其熱即立刻消散，而變爲極冷。亦因爲如此，所以在日光反照之下，我們可以看到很清楚的輪廓。日光照到的時候有光，照不到時即無光，照到了一半就看見半圓，月亮光之有圓有缺，亦即是故。其光因爲是由反照而至地球，故其溫度亦極低，一年之月光，其熱度祇抵一　鐘之日光。但是因爲月光非常清晰，所以人類利用之以計算日歷，我們廢歷，即是以月光圓缺爲標準的。

月既離地球極近，我們上面說過，月亦是有吸引力的，這種吸引力即能影響於地球，於是吾人所見之潮汐，即由此而起。當日月和地球的方向，成直角形時，即爲半圓形時，潮汐影響較小；當日月在一條線上時，或爲正圓或爲新月，則日月引力交加，於是潮汐特高，如錢塘江潮，往往高達二三丈，即是此故。

現在月球已爲地球之衛星，其實在四十餘萬年以前，月球亦是地球之一部分。那時地球

爲近乎液體，既繞日而轉，因受太陽吸引力之影響，乃有潮汐。既有潮汐，乃向太陽引長，最後脫離地球而去，成爲月球，有如燒熱的　漿，黏在棍子上面，若用又一棍子，黏住一部分，再向外拉，拉出又一團糖似的。月球在離地球以後，起初速率很快，約在行徑中全部時間之十九分之一至二十分之一的時間，即已超過全部行程之三分之二。以後漸漸遲慢，終於停止在二十五萬英里之外，不再往外走了。當初地球自轉更速，十六萬萬年以前，約爲二十小時；十六萬萬年以後之今日，乃增加了四小時，並且赤道的圓周亦減少了十英里左右。這種變遷，亦爲地殼皺折的一種原因。現在地球的自轉期，每一萬年約延長十分之一秒。

在太陽系中，除九大行星及其衛星之外，還有許多小行星(Asteroids)，分佈在火星和木星軌道之間，有四個最大者，其直徑不過爲一百二十至五百英里，爲肉眼所不能見。我們在地球上偶而亦見到流星，其實並不是星，不過是空中隕石，遇到地球空氣，乃磨擦生光而已。隕星的成分，有的是鐵，有的是石，有的是氣體。我們估計在二十四小時之內，落到地球上者，有千萬之衆，共計有一百噸之重。流星之成羣者，即所謂慧星是也。

結語

我們要在天體中巡行一週，時間空間，皆不許可，故上述之巡行，亦如上面所說，祇是神往而已。現在我們可以將巡行所得，作一個宇宙體系的複習。

在大宇宙之中，有四十餘超星雲；在每個超星雲之中，有無數星雲，這些星雲，即成爲島宇宙。在一個島宇宙內，有許多太陽系，即所謂恆星。在我們恆星系中，即爲我們的太陽系。我們的太陽系，跟着我們的星雲在運行；而我們九大行星，又繞着太陽而轉。人類所住的地球，即爲本太陽系中由內往外數之第三個行星。每個行星，又各有衛星圍繞着轉，地球有一個衛星，那就是月亮。

這就是整個的宇宙體系。

習題

（一）以整個宇宙而言，太陽是否爲大宇宙之正中心？

（二）銀河和星雲的意義，有什麽區別？

（三）何以知道空中有黑暗星雲？

（四）試圖示月繞地球的螺旋形規道。

（五）你以爲地球是正圓形麼？試述明理由。

第四章 宇宙運動

近代天文學的進步，可以分作三個時期。第一個時期可以哥白尼克浦勒葛利略牛頓等爲代表，這個時期所研究的問題，是限於太陽系內地球和行星的運行。第二個時期可以康德拉普拉司赫悉兒的星雲學說爲代表，這個時期所研究的問題，爲太陽系的生活史，和太陽系以外的星雲；其特徵就是所觀察的範圍更大了，並且所研究的運動問題，非但有空間上的位置移動，並且有時間上的本身進化。至於第三個時期是二十世紀愛因斯坦的相對論出現後才開始發展的，這個時期的問題，從星雲的範圍更推廣而及於整個大宇宙，進而研究大宇宙之位置轉移及本身生活史了。天文學每天在進步，人們所要研究的範圍更擴大了。這是人類知識進步的一般情形，並非是天文學的特殊情形。猶之乎住在一個城市的人，起初祇知道本家鄉是世界中心；以後知識進步，逐漸由家鄉而擴大至國家和世界；以政治而言，目前人類，正在熱烈擁護本國，國與國之間，民族與民族之間，尚未達到協調時期。假使以天文學家允任政治家，或許在葛利略時代，世界早已統一，大同早已實現。所以人類對於宇宙眼界之廣闊程度，當以天文學家爲最遠大。

至二十世紀，天文學家的眼光不祇在地球上面，不祇在太陽系上面，亦不祇在星雲銀河上面，更推而及於整個宇宙。這並不是說近代天文學家不再研究星雲，太陽系，和地球了，天文學家對於這些問題，還是研究不息，例如太陽系冥王星之發現，亦是近十年來事；卽關於地球本身，如磁差北極光等問題，還是在用最大努力研究之。然而近代天文學家之研究星雲太陽系等問題，是用更廣闊深遠的眼光研究之，所以其知識更爲系統化，更注意於彼此之聯繫，不再坐井觀天式的將一個太陽系或一個星雲，當作一個獨立的單位了。正猶之乎近代政治家，其眼光已不僅注視於本國以內，更注視到國際上面。

這種整個宇宙之啓示，是由於愛因斯坦相對論所引起。所以愛因斯坦的相對論非但在物理學內是劃時代的，並且在天文學內亦是劃時代的，其功績至少亦相當於十六世紀之哥白尼和十八九世紀之康德及拉普拉司。將來相對論的宇宙論亦許有待於修正，現在天文學內已覺得有此必要，卽愛因斯坦自己亦正在繼續研究，猶之乎康德拉普拉司的星雲學說亦並不圓滿；但是其擴大了人們的眼界，卽此一點，已堪稱爲劃時代的並且是絕頂偉大的貢獻了。

第一節　萬有引力

托洛美的學說，主張太陽及其他行星，是繞地球而轉。這一點我們現在想起來是絕對錯誤的。但是在他的學說裏面，有一點很值得我們注意，那就是他所說的天體運行，是由於地球的一種力量拉着而動。同樣力量，使地球面上的物件，會往下落。他的這種力量觀念，非常微弱，但是已種下了萬有引力觀念之種子了。

哥白尼主張地繞太陽而轉，推翻了托洛美的日繞地轉說，惟關於運行的規律，則待克浦勒方有一個眉目，那就是他有名的三條定律。克浦勒證明各行星繞日而轉，成橢圓形規道。橢圓形是有兩個中心的，日乃居其一。同時他已知道各行星連到太陽的向徑（radius vector），其所經過的面積，為和其所經過的時間成正比例，而各行星繞日一週所需時間之平方，與其規道之半長徑(semi major axis)之立方成正比例。在隱約之中，他亦知道各行星之所以繞日而轉，亦必受太陽之影響，似乎太陽有一種拉着行星旋轉的力量。但是這種力量究竟是怎麼一回事？在地球面上物有重輕，並且都向地面上落，何以物體在圓的地球面上會留得住而不滑到大空中去？這些問題，他都沒有想到，更沒有想到這種力量和太陽拉住各

行星運行的力量間，有什麼關係或共同點。

至牛頓方才開始想到這些問題，地球圓面上物體之所以往地上落，亦許和月亮繞着地球轉，其間有一個共同力量。不但此也，即各行星繞太陽而轉，亦許是由共同的力量維持着運行。最後經過他的研究，證明事實是如此，於是確立了萬有引力學說。這個學說的意思，就是說宇宙間各物體之間，有一種常在的互相吸引力量。太陽和行星之間有之，因此行星圍繞着太陽轉；月球和地球之間亦有之，所以月球繞地球而轉；地球和地球面上之物體亦有之，故地球面上物體總是落到地球面上；甚至地球面上之各物體間亦有之，惟各物體之所以不相吸引者，因爲地球之吸引力過大，故被地球引力所拉住，而各自落在地上了。這種引力，在地球面上以地球中心爲中心，所以假使我們在地球上鑿一個洞，通過地球中心，在地球面上兩對面穿過，好像隧道一般，我們從隧道這一個洞口，拋落一個物體，向又一個洞口去，這物體決不會落到那一個洞口去，而將停止在地球中心。這就是因爲地球中心有引力之故。所以假設地球是完整圓形的，其各處之地心吸力，必定是相等的。

牛頓怎麼樣會想到這種宇宙的萬有引力呢？原來在牛頓時代，基爾勃脫(William Gilbert，1544—1603)之地磁吸力學說，異常時髦。基爾勃脫是英國綺麗沙白皇　宮庭內之物理

學家，他以研究航海用指南針之磁性聞名。那時大家既知道了地球上有磁力，所以克浦勒之天體運行說，亦受地球磁性說之影響很大，以爲天體間亦可以有一種吸引力存在着。克浦勒既已找出來行星運行時間之平方，和其規道半徑之立方成比例，這就是說若以r代表半徑，T代表時間，k代表常數，則有下列公式：

$$r^3=KT^2；或\ \frac{1}{T^2}=\frac{K}{r^3}$$

同時我們已知道一個物體若繞圓周而轉，其速率不變，則沿半徑之加速度不變，即爲

$a=(2\pi)r^2\div T^2$　a代表加速度。以之代入上式，則得

$$a=\frac{(2\pi)^2K}{r^2}$$

從這個公式，就可以知道凡行星沿繞日公轉之規道上運行，其加速度和其離日之距離平方成反例。牛頓在二十三歲時，即已用此公式計算月繞地球而轉之加速，但因當時觀察材料誤之，致將計算結果深藏了十年。同時各行星繞日之規道既爲橢圓形而非圓形，此問題就成爲數學上之困難問題。故當時科學界，對於此問題久懸而未決。以後牛頓發明微分學後，方

將此問題圓滿解決。

牛頓的解決方法，是從地面上物體下落開始，推而至於月繞地轉的運行，再推而及於行星之繞太陽轉。他想到基爾勃脫地磁吸力學說，於是推想及於物體之相吸引，其力亦可以相彷彿。所以他首先指出，宇宙任何物體之引力，和其物質量（Mass）成正比例。太陽和行星間的關係是如此，月亮和地球是如此，即地球上各物質和地球之關係亦是如此。物質量愈大，其引力亦愈大。地球物質量大過於任何地面上物質，故地面上物質被地心吸力所引；地球物質量大過於月球，故月球被地球所引；太陽的物質量較任何行星為大，故各行星被太陽所引。這就是引力和物質量成正比例的法則。同時在地球上面，一個重二斤的物質，其物質量較之重一斤的物質之物質量大一倍，故被地球吸引力所拉者亦重一倍，這可以在磅秤的量度上看出來。磅秤上的量度，亦就是這麼製就的。若一斤重物質量之物質拉磅秤下垂一英寸，則二斤重物質量的物質將拉下二英寸，這就是說被地球吸力往下多引一倍，其原理即物質量和引力成正比例。

我們若根據於這個原理，再看天體行星的運動是怎樣的。我們在上一章內，已經列過一張太陽系內各行星大小及密度的表。從這個表上面看起來，可以知道行星之中，其質量有大

小不同。若以地球爲一，則太陽有地球之三十三萬二千倍，木星有地球之三百十七倍，土星有九十四倍，甚至於海王星亦有地球質量之十七倍；而最近太陽的水星，反而祇地球質量之點零四倍。各行星旣被太陽引力拉着運行，引力旣是和質量成比例，爲什麼在行星中質量大的反而離太陽遠，而質量小的離太陽近呢？要明瞭這一點，我們就要知道物質引力不祇和質量成正比例，並且和二物質間之距離平方成反比例。因爲海王星土星木星等離太陽的距離遠，所以太陽和海王星土星木星之質量雖大，而其和太陽間之引力較小；而地球和水星因和太陽間距離近，所以質量雖小，和太陽間的引力則大。所以引力的公式，就是

$$G\frac{M_1 M_2}{r^2}$$

G爲引力常數，M_1 M_2爲二物質的質量，r爲二物質間的距離。

現在又有一個問題發生了，即太陽的質量大，其引力亦大；引力旣大，爲什麼衆行星不落到太陽面上去，而能維持離太陽這麼遠的距離呢？關於這一點，我們要知道各行星是在運動，運動時有離心力$\left(\frac{MV^2}{r}\right)$。離心力大過於和太陽的引力，則行星必離太陽而走得更遠；反之如果離心力小於引力，則行星必更走近太陽。惟有離心力和引力相等的時候，各行星乃維

持平衡，沿着現有軌道的曲線運行了。所以太陽系之所以能成爲太陽系，就有賴於離心力和引力之平衡。月球之所以不落到地球面上，老是維持其和地球之距離，亦就是因爲月球的離心力和地球引力相平衡之故。

所以我們現在知道了兩個物體間的引力，和質量成正比例，和距離平方成反比例。並且知道太陽系行星之運行，是由於引力和離心力和平衡之故。但是我們看上面一個公式，M代表質量，質量究竟用什麼單位計算之呢？我們尋常在地球上是用克(Gram)。用克所代表者亦就是重量。克所代表者，實在是GM，G代表引力常數。今若要分別求G和M，真正的M可以從密度中求得之，因爲密度等於M被容量所除，真正的G則頗費週折。經物理學家的努力，求得了地球平均密度爲 5.527，而引力常數則爲 6.658×10^{-8}。此引力常數雖然是地球上求得的，然而因爲上面一個公式，即引力和距離平方成反比例公式，是適用於宇宙任何大小物體，連行星亦在內，故即成爲宇宙間最重要的常數。從這些研究問題上面看起來，我們就可以明白天文學和物理學是統一的，是不能分離的，現在的分離是權宜的，人爲的。

第二節　新理論和新事實

以上所說，就是牛頓萬有引力說之大概。自從牛頓萬有引力說成立以後，天文學家卽利用之以計算宇宙天體之運行，其成功最大的表現，就是牛頓發表萬有引力學說後一百六十年，在十九世紀中葉之發現海王星了。所以牛頓的學說，二百餘年來，成爲經典，沒有人能對之加以絲毫的懷疑。

可是至二十世紀初，愛因斯坦提出了相對論學說。用相對論學說，計算天體運行，有一點較牛頓學說爲更準確，那就是計算水星每年近日點之位置。愛因斯坦計算的結果，要較之用牛頓學說所計算得者更準確一萬萬分之一。此外照相對論計算光線經過太陽邊上，要彎曲1.75秒，這一點在一九一九年被證實了。於是相對論乃鬨動全球，共認爲較之牛頓力學，爲更精確。凡應用牛頓力學成功的各點，用相對論亦同樣地成功；應用牛頓力學有欠準確處，用相對論則可以使之更準確。

牛頓力學的中心問題，是宇宙萬有引力問題；相對論力學的中心問題，亦是宇宙萬有引力問題。牛頓力學的萬有引力學說，將地球面上的物體運動，和月繞地球及行星繞太陽的運動統一了。相對論力學則更擴大範圍，欲將電磁放射能力物質等和萬有引力統一起來，並且由地球上的應用，太陽系的應用，推而至於星雲和整個宇宙中的應用。愛因斯坦名之曰力場

學說或力場物理學(Field theory or field physics)。其所企圖解決的範圍既廣，故其成就亦更大。

雖然力場學說的偉大企圖，至今並未完全告成，可是其方法及基本原理，已在一九一五年的相對論論文中啓示出來了。自從一九一五年相對論問世之後，天文學家德希脫W.de Sitter教授卽根據此學說，推論宇宙物體的運動。他說，從相對論出發，那末天體中最遠的物質，如星雲之類，應該是在離我們而遠去，那就是說宇宙應該是在澎漲。這是他的推論；他特別指出天文學家以後應當可以注意於這種星雲遠離的事實觀察，以審查究竟這個推理是否合乎事實。

這種推論如果是合乎事實，那眞是非常有趣，同時更加強了相對論的力量。經過二十年來的天文觀察，德希脫教授的預言，居然被證實了；雖然和原來的學說，微有出入，但就大體而言，確成爲天文學界裏最足以驚人的新發現，離地球最遠的星雲，確在離地球而遠去，宇宙確在澎漲。於是二十世紀的新物理，確引起了新的事實發現。這種新的發現，爲牛頓以來直至十九世紀末的科學家所從未夢想到的，卽二十世紀的天文學家和物理學家，對之亦驚

誤不置，甚至於將信將疑，不敢直截了當，信以為真。

我們撇開理論不談，先就觀察而得的事實言之。離我們地球最遠的物質，當然是關於螺旋狀星雲。螺旋星雲大概離我們有一百萬至一萬五千萬光年之遠。當然在更遠地方，還有物質，不過我們現在能力所及，祇看到那麼遠。究竟這些星雲，和我們地球，有怎樣的一種關係？

我們在上一章內，已經提到星雲這個名字。我們並且說過，空中有五種星雲，螺旋星雲不過是星雲中之一種。所謂星雲也者，原意不過是雲霧狀之意。有的雲霧，祇附着在一個星上面，或伸展在許多星之中間，這種雲霧，用分光鏡分析起來，不過是一些稀有的氣體。這些雲霧，並不很遠，就在我們的銀河系中。我們在上面一章內已經講過，我們的太陽系是在我們的銀河中，我們的銀河是我們本島宇宙內之一臂，亦即是由許多繁星所集合而成之一臂；臂和臂間（即銀河和銀河之間）還有很大空隙。衆臂即衆銀河接連而成一個銀河系或島宇宙，島宇宙之外還有島宇宙，一個島宇宙構成一個螺旋星雲，所以我們所看見的螺旋星雲，就是一個島宇宙。假如從螺旋星雲上看我們這個島宇宙，亦是一個螺旋星雲，其螺旋狀臂即為我們所說的銀河，在這銀河中即有我們的太陽系。雖然我們在上一章內說過有五種星雲，

然而現在大多數在我們本島宇宙以外之島宇宙，當統名之曰螺旋星雲。

在每一個島宇宙中，照理論估計起來，約有一千萬萬顆以上星辰；總計宇宙中的島宇宙，約有一千萬萬個之多。所謂一顆星卽等於我們的一個太陽系。從這個數字中間，我們大概可以想像到宇宙之大。以現在的望遠鏡觀察起來，實際上可以看到者，亦已有一百萬個以上的島宇宙。所以我們眞正的宇宙觀，乃以島宇宙爲單位，不能再以一個星辰爲單位了。

在這樣偉大的宇宙海洋之中，照道理說起來，我們太陽系所屬的本島宇宙，不過是衆島之一，算不了怎麼重大的一個中心。然而照現在我們天文學知識說起來，其他的島似乎都很小，而我們本島却特別大，和那些其餘的島比較起來，簡直可以說是一個大洲。這種說法似乎有夜郎自大之嫌，例如我們的太陽系並不是一個最大的恆星，我們的地球亦並不是一個最大的行星。但是我們亦無須乎自卑，因爲這一點和我們在下面所要討論的問題，無關宏旨。

我們現在所看到最遠的島宇宙，例如雙子座(Gemini)星雲，離我們有一萬五千萬光年這意思就是說，在我們此地所見的雙子座星雲，不是今日之雙子座星雲，已經是一萬五千萬年以前的雙子座星雲了。他的光已在一萬五千萬年之間，穿過了龐大的空間和時間。在這麼長久時間之中，大宇宙曾發生了一些什麼變化呢？亦許當初是散佈在大空間中的許多電子和

質子。有許多電子凝聚在一起，於是有引力作用，以後乃愈聚愈多。因爲重聚不一，散者乃作成宇宙中汪洋的空間，而聚者乃成爲島宇宙。我們本身所屬的銀河系，大概亦是這麽形成的。一個島宇宙，乃可分之再分，以形成數百萬星辰。其他島宇宙，即閃耀於望遠鏡中之螺旋星雲，亦即是此地所要討論的宇宙單位。

一個螺旋星雲的運動，我們用什麽方法觀察之呢？我們可以用分析光譜的方法觀察之。在光譜上面，有好些光譜線，若星雲有運動有速度，光譜上之線即移動位置。用這種巧妙方法，我們乃研究星雲之運動及其速度。假使我們應用這種方法，研究最遠星雲的運動方向，那末就可以探討，究竟這些最遠星雲，是否是背我們地球而遠去，如德希脫教授所說；並且可以決定宇宙是否在膨脹，其膨脹的速度是怎樣的。

第三節　星雲遠離運動

不過要研究光譜線的移動，有一個先決條件，那就是該螺旋星雲的光，必須有相當的亮，可供光譜分析；並且要有標準的星光，是資比較。離我們比較近的星雲，可以看出點點星辰來，這些星辰，當然是最亮者，其光約有太陽光之幾百倍或幾千倍。幸而在這些最亮的

星辰中間，有造父變星(The Cepheid variables)，足資比較之用。各造父變星，其明暗有一定週期，並且各變星的週期不同。有的是幾小時一週期，有的是數星期一週期，。凡週期相同者，其他特性如光亮程度半徑光譜等亦相同。因爲有這種事實，於是週期就成爲一種徵號，無論某星或星雲有多遠，祇要知道了明暗週期，就可以知道其明亮程度等特性。例如某星之明暗週期爲十天，則立即可以知道其光亮有太陽之九百五十倍。知道其眞正光亮之後，即可以計算其距離了。有了測量距離的方法，就可以知道其運動的速率了。

照現在所有的材料，我們找到了一個很有趣的現象，那就是離我們很遠的星雲，其運行的速率，較我們附近各星辰運行的速率要大得多，並且是愈遠的星雲，其速率亦愈大，速率和距離成直線的比例。所以這些遠處星雲，都在離我們而遠去。

螺旋星雲的光，是由許多星光所混合，因此其光譜亦是相當複雜，若要作測量光譜線之移動用，實在嫌其不純。光譜既不純，其光又微弱，因此用上述方法所計算得的運行速度，難免不很準確。不過其不準確的程度，要和其很大的速率比，其比差還是很小，因此所計算得的材料，還是很有用處，能夠表示出一個事實的大概情形。例如在量得的九十個星雲之中，有八十五個是離我們而遠去，有五個却是向着我們近攏來。爲使理論健全起見，這五個例

外尚不應該輕易放過的，我們必須追究其理由。

這五個例外的星雲，都是離我們最近的星雲，故即使離我們而遠去，照上所述的理論，亦應當是速率最小。其速率旣小，故極易犯觀察錯誤或計算錯誤之弊。事實上星雲之運行速率，旣是以太陽作參考，其實太陽在我們的銀河中，亦在繞規道而行，每秒鐘速率自二百公里至三百公里。假使我們將這個因素改正之，以本島宇宙爲參考系而計算之，則上面所說的五個漸近我們而行的星雲近攏速率，即可以減少以至於無。假使再加上許多改正，亦許更可找出這五個星雲，有很小的遠離速率。

我們上面說過，星雲的運行速率比較很大，這是和普通一般星辰的運行速率相比較而言。在我們附近的星辰，其運行速率，每秒鐘約爲十個至五十公里。假如其速率超過了每秒鐘一百公里，我們就可以說是遠離開去了。當然這個速率，是以輻射方向而言，凡繞規道而行的速率，當然不能算數的。照這樣計算起來，四十個星雲速率之中，約有十二個爲每秒鐘遠離八百至一千八百公里，以後天文學界逐漸測量了距離更遠的星雲的速率，結果速率更大，其最高紀錄，屢被突破。現在所知道最大速率的星雲，爲雙子座一個星雲，此星雲的遠離速率，爲每秒鐘二萬五千公里，亦即一萬五千餘英里。其速率之高，直等於α質點的速率。估

計其距離，約爲一萬五千萬光年之遙。將來亦必定會有更新的紀錄，較此星雲的速率爲更速，這是可以預言的。

照現在的計算，在一巨光年遠的星雲（一巨光年 megaparsec 等於 3.26 百萬光年），其遠離的速率爲一秒鐘五百五十公里；十巨光年遠的星雲，其速率爲五千五百公里，如此類推。這意思就是說一個星雲距離愈遠，其遠離的速率愈大，距離和速率成直線比例。從光譜線分析的結果，在星雲光譜上可以認出兩條光譜線來，即H線和K線；從這兩條線上看起來，確是向紅光方向移去，這意思就是說，星雲在遠去。（根據於道浦勒氏效應 Doppler's effect的原理。）

然則各星雲既離我們望遠鏡所能望見的空間而遠去，用現在式的望遠鏡以研究星雲，過十三萬萬年之後，若要仍舊看見這些星雲，則現在望遠鏡的直徑，必須放大一倍。假使祇用現在的望遠鏡，以研究星雲運動，則必須趕緊觀察，否則不久就會看不見了。是否這些星雲實際上是和我們爲難，特地要離我們而他去呢？如果我們這麼想，那就未免太重視我們了。事實上我們可以想得到，並不是在離開我們。最好的一個譬喻，就好比一排軍隊，站在草場上，忽然要排成散兵線，那麼站在最旁邊者要散得最快，並且要散得最遠；站在愈接近中間

者，可以散得更慢，並且走得更少；而正站在中間者，幾乎可以不動。所以以站在正中間的人而言，固然站在一排之兩旁者在離之而遠去，其實並不是對中間的人而行動的，乃是整個一排在散開去。

宇宙中的星雲運動，亦是如此。星雲在離我們而遠去，並不是離我們而遠去，是整個宇宙的星雲在散開去，由密集隊伍變成散兵陣線，所以愈離我們遠的星雲就散得愈快。好像一塊烟霧，由密集而散淡。以整個宇宙而言，這是正在澎漲，而我們本星雲則約在這一塊烟霧的中心。換言之，就是宇宙在澎漲。

第四節　宇宙力場

照現在我們的估計，凡星雲在每十三萬萬年之後，其離我們的距離，即增加一倍。然而地球上最古老的岩石，亦有達到十二萬萬年者。宇宙的年齡，當更大於地球，然則宇宙的澎漲，將止於胡底？幾令人墮於設想。

我們在上面說過，這種事實之發現，是根據於德希脫教授之理論指示；而德希脫教授之推理，是根據於一九一五年愛因斯坦所發表之相對論。愛因斯坦的相對論，如對於水星之近

H點，對於光線經過太陽邊緣上之曲折，都已證實其偉大價值。故相對論之價值，是毫無疑義。今相對論對於宇宙澎漲運動方面有關係之主要點，是在萬有引力學說。爲有引力學說，是由牛頓所提出，以解釋宇宙間一切物質之運動。相對論則說，螺旋星雲運動，若依牛頓萬有引力法則而運行，則

$$G \propto V = 0$$

在這個情形之下，其引力G是和距離平方成反比例。假使宇宙間星雲運動，祇是依照着這一個公式，則星雲遠離的事實，決無法可以解釋，並且相反祇有逐漸互相靠近，終至於停在一定距離，雖然不至於撞到。（例如太陽系的行星，卽各在一定距離運行，並未撞在一起。）

以上是就有限空間而言。假使空間是無限的就怎麼樣呢？愛因斯坦的相對論亦不能解決這個問題。於是愛因斯坦根本就廢除無限這個問題，他就設想空間在很遠地方是彎曲的；既是彎曲的，則空間終有相會的地方，於是空間成有限了。所以假如我們從空間中某點出發，好比在地球上某點出發一般，終久又囘到了原來地方。這樣一來，既無無限問題，亦就無無限問題之困難了。從這樣一個觀念之轉變，將空間改成彎曲的，於是他給了下面一個公式，卽

$$G_{\mu\nu} = \lambda g_{\mu\nu}$$

在這個公式裏面，λ(Lamda)就是宇宙常數(The cosmical constant)。在我們的太陽系中，這個宇宙常數幾乎是O，於是又回到上面的一個公式，那就是說牛頓的萬有引力說是可以用的，但是祇為一種特殊情形，即宇宙常數為零；但是在大宇宙中，宇宙常數不一定是零，有時並且數目並不很小。

這表示什麼呢？這意思就是說 $g_{\mu\nu}$ 代表物體相拒之力。所以新的公式，除說明宇宙引力之外，又說明了宇宙拒力；其拒力是和距離成正比例。離開什麼地方的距離呢？離開任何地方的！尤其是離開觀察者的距離。既有這種拒力，於是宇宙間星雲的分散現象就成為自然的結果。宇宙間物質是有拒力的，但是並沒有拒散的中心。所以我們看在一萬五千萬光年之外星雲，在離我們而遠去者，是由於拒散力，愈散得開，拒力愈大，即其遠離我們的速度亦愈大。

所以愛因斯坦的說法，除牛頓的引力之外，再加上拒散力。用這種新方法，計算太陽系水星的近日點，是要比用牛頓計算方法的結果更準確些。至於很遠的物質運動，用新公式更為滿意。這就是愛因斯坦的宇宙力場學說。愛因斯坦想用這種力場學說，以統一宇宙的引

力、電、磁、力、能力、物質放射、以及一切運動等。

在上面這樣的簡單敍述，一則許多數字原理無法說明，二則舉例引證亦不夠充實，難免說得不很透澈。但是正如我們在上面提到過的，愛因斯坦自己對於其學說亦尙在改進之中，故未能認爲已完善了；並且其學說本身，亦尙缺乏數量的測驗，如實際上引力的數量如何等，以視察究竟星雲運動若果能否依照預算那麼舉行。但是這種新的思洲的價値，與其說是確定了宇宙物體運動的觀念，還不如說是提出了新的宇宙物質運動的問題。現在的宇宙觀，較之牛頓時代及其影響所及的後代的宇宙觀，是已擴大了，這是無可否認的。以現在的宇宙觀而言，再沒有比相對論的力場學說，更適合的更可走得通的研究方向了，這亦是無可否認的。簡單地說起來，我們現在非但要研究太陽系的行星運動，非但要研究單個星雲的運動，並且要更進而研究整個宇宙衆星雲的集體運動；從星雲以至於地球上物質的統一運動。這是宇宙運動科學之新思潮。

結語

從原始時代起，人類就知道天體是在運動的，直至克浦勒牛頓方找出運動的規律。牛頓

的偉大貢獻，非但找出了天體運動法則，並且將天體運動和地球面上的物質運動，在一個統一法則之下，解釋出規律性了。天體運動科學，進步至此，是告了一個劃時代的段落。

在牛頓之後，天文學界又引起了新的問題，那就是康德拉普拉斯的星雲進化學說。從研究星雲進化史(亦即生活史)，更進而研究星雲運動，宇宙運動，此卽二十世紀初所引起的新理論。從新理論出現後，又找到了新的事實。新的理論就是愛因斯坦的相對論及其力場學說，新的事實卽星雲在遠離我們而他去，愈遠則離開之速率亦愈大，故宇宙是在澎漲。既有事實在此，故力場學說有繼續研究之必要。現在此學說之主要點，就是物質非但有吸引力，並且有拒散力。這種學說，至今日並未臻完備程度，但是在宇宙運動科學中，是劃時代的。

習題

(一)根據於萬有引力學說，地球上物質會落到地面上來；那末爲什麼各行星不會落到太陽面上去呢？

(二)如何從光譜線之移動，證明這些星雲是離我們而遠去？

(三)宇宙澎漲，各星雲是如何移動？

(四)試簡述力場學說。有何事實足以證明這種學說是優於牛頓學說？

第五章　地球

說談了天穹，我們又要囘顧到地上。地球是人類故鄉，生於斯死於斯，任憑我們窺察研討至大宇宙之邊境上去，我們本身還是脫離不了地球的懷抱。我們每個人都有一個故鄉。若小少離家，老大囘家，已可以見到故鄉經滄海桑田之變，不禁起今昔之感。今若以人生百歲爲一個細胞的生命，以整個人類作爲一個人生，亦未嘗不可以看到地球面上，許多滄海桑田之變。其實以人類史和地球史相比較，尚不過是大本書中之一頁或一行呢！

我們在第三章第一節內，已提到過地球進化學說如康德拉普拉司之星雲學說和莫爾頓張伯林之微星學說。拉普拉司說整個太陽系是由星雲凝結而成。至於地球本身，拉普拉司以爲起初是氣體圓球，以後成爲液體，但是在液體外面，仍舊是炎熱的空氣。因爲空氣炎熱，故海洋的水，以及易於蒸發的固體，亦皆滲雜在空氣裏面。待空氣和地面漸冷，於是地面成爲堅硬的地殼，而水氣亦下降而成河海。此時全球被洪水所汎濫，亦不分海陸；直至溫度再降，地殼再縮，地面上乃高低懸殊，海陸分明。這是拉普拉司的地球歷史學說。

至於微星學說，其所主張的地球歷史，和上面所說者不同。如張伯林所說，地球當初本

來是一個很小的行星，許多小行星互相合併乃成爲雛形地球。當初的地球，面上既無水亦無空氣，以後水和空氣又附加至地球面上，如此逐漸擴大，成爲今日的地球。所以當初地球直徑才五千五百英里，以後曾增加至八千一百英里，至今日乃成爲七千九百英里。這是微星學說所主張的地球歷史。

上面二種學說，無論孰是孰非，要皆顯示明山秀水，碧海汪洋，皆非一朝一夕所砌成，其由來既久，而山巔海底，亦曾昭示吾人以成段之歷史。今日地質學家，好像學語提孩，正在學習自然文字，從山水之間，一研究其過去史跡焉。

第一節　地球內部

地球的形狀，是圓形；是屬於實心的鐵球形，而不是空心的皮球形。假使我們要解剖地球，即可以得到三個部分。第一部分是地球內部，第二部分是地殼，第三部分是地面。地球猶之乎是一隻橘柑，地球內部是心子，地殼是橘皮，而地球面部是橘柑面上之纖細小孔，及高低斑痕等。現在第一步試先探討地球的內部。

我們已經可以確定說，地球是早期較現在要熱，以後方逐漸冷却。地球既是逐漸從上面

散去熱度，則內部必定是要較外部爲熱。不幸而人類深入地下，從來不曾超過二英里；二英里之深度，離地球內部，還差得很遠。但即使二英里不能算是很深的，我們已感覺到該處離較地球面部要熱了。我們已經知道在很深的井裏，其氣候終歲不變，故冬暖夏涼，所以在深地方，即可以測知該深度的溫度。據現在所知道者，是每深五丈，溫度即升高華氏一度（以英尺計算）。照這樣推算起來，愈近地球中心，則溫度愈高，可以達幾千度，連岩石亦將溶化。這一點很容易證明，當火山爆發時，地球內部從火山口上噴吐出來的，不是溫度極高的溶岩麼？

雖然地球內部，爲數千度之高溫，但其所包含的物質，究竟是氣體、液體、抑固體呢？這一點頗費思索。地球的地殼，約厚五十英里；在五十英里以下，若有這樣溫度，似乎應當是液體或氣體了。然而照現在科學家所知道者，既非氣體亦非液體，乃是極重的固體，其密度甚至高過於純鋼，且愈近地球中心，其密度愈大。這一點有三個重要的論據。

第一個論據是根據於地震的紀錄。當地震的時候，震動的波浪，由地震中心向四面分散，以傳於全球，若水中波浪那樣，所以地球任何地方有地震，精確的地震儀器即可以得到紀錄。當地震的時候，主要地發生有兩種波浪，一種循地面而行，名曰橫波；又一種和地面垂直而行，名曰直波。據我們現在所知，直波速度，要較橫波快兩倍；所以任何地方，首先所

收到的地震波動紀錄，是屬於直波。而所謂直波，是直貫地球中心，以達到地球又一面之波動。其波動既經過地球中心，所以我們可以從直波之速度研究，而測知地球中心的構造。經過利用這種方法而研究的結果，知道五十英里以內爲地殼，五十英里以下方爲地球核心。地球半徑爲三千九百五十英里，故地球核心的半徑爲三千九百英里。此半徑三千九百英里之核心，完全是密度極大的固體，或屬於金屬。這種金屬何以在這麼高熱度之下，仍爲固體？這是因爲地殼壓力之故。因爲有極大的地殼壓力，所以內部物質分子非常接近，無法散開。至於核心和地殼之間，亦有人說尙有一層軟而易溶之物質者，但是卽使有之，亦非常的薄。這是第一個論據。

第二個論據，是地球重量，可以從和天體其他星球的引力，計算得之。根據於這樣的推算，我們已知道其重量是等於同等容量之水的五倍半。在地球面上的岩石，其重量約等於水之二倍半；若欲使整個地球的重量，等於水之五倍半，勢必要使地球內核的密度，遠超過地殼的密度。從此可知地球核心必爲密度極高的固體。

第三個論據，是假如說地球核心是液體，地殼是固體，則地球旋轉時，固體和液體勢必有摩擦；此種摩擦力，勢必減低了地球自轉的速率。但是直至現在，我們並沒有覺察到這種

速度之減低。

有這三種論據，所以我們說地球內部，是炎熱而密度極高的固體。

第二節 地殼 (The earth crust)

雖然我們可以猜想地球核心是固體，但是我們至今還是沒有法子直接觀察內部，故所得到的知識還是很少。在地殼方面，因爲我們可以直接觀察，所以知道得比較多些。

據我們現在所知道者，無論是海底山巔或平原，都是由鑛物和岩石所組成。所謂鑛物，如煤鑛鐵鑛或金鑛，其化學性質及組織，較爲純粹固定，且往往爲結晶體。至於岩石乃是鑛物的集合體，其化學性質及組織，比較混雜。我們普通以鑛物指有經濟價值者而言，岩石指沒有經濟價值者而言。若要嚴格分辨之，則並不十分顯明。

在地球殼上面，首先出現者爲火成岩。所謂火成岩是地球內部因高熱而熔解的岩石，遇到裂縫，乃噴出來而達到地面，如由火山口噴出來者即是。既由裂縫噴出之後，熔岩流至各地，遇到冷空氣，乃復凝固而爲岩石，這就是火成岩。火成岩可以在地面，亦可以在地殼之裂縫，因爲熔岩從內部噴出來，其所經過裂縫，亦可以在地殼深處的周圍，不一定全都流出

裂縫。在地殼深處，因爲冷得很慢，故結構較粗，如花崗岩即屬之。普通所用建築材料，即屬於花崗岩，裏面往往有各種結晶礦物和未結晶礦物，如石英長石雲母等，這些都是我們常見到的。至於流到地面上來者，因冷縮得很快，所以岩石粒子較細，如玄武岩即是；亦有因熔岩內氣體蒸散而生許多小孔，於是成爲浮石。國內往往鄉民無知，以爲凡石皆當下沈，如有不下沈而浮起者必然是由神所賜，因之信浮石爲神物，其實浮石乃火成岩之一種。

地面上既堆砌了火成岩之後，於是經風霜雨雪，河流冲積，乃將許多細屑石粒，沈積而成水成岩。水成岩既是由水所冲洗而成，所以往往帶着有很多原來岩土上的動植物堅硬部分，例如貝殼骨骼之類，這些堅硬部分，都是石灰質的。動物的骨骼，往往被埋在沙土內，久之沙土變硬，原來骨骼，乃成爲化石。有的時候，生物的遺骸過多，甚至於可以形成一種特殊的岩石，如石灰岩等。

水成岩最主要的特徵，就是能堆積成層，名曰地層。當某處砂土由水冲積來到之後，往往隔好些時，沒有新的冲來。於是第一次冲來的砂土，乃沈積結實，成爲一層；待一層作成之後，不久又積上一層，於是形成第二層；如此堆積，以至於許多層。各層裏面，若留有動植物遺骸，即成生物化石，從這些化石之研究，我們可以知道古代生物和現代不同。因此完

好的地層卽爲一部自然史。至於水成岩所含的岩石成分，大抵以砂岩、頁岩、粘土、石灰岩、石板岩等爲主。砂岩較粗，其碎礫可以由江河之水，帶之入海。帶入海後，因粗重之故，往往沈積於海岸近處；粘土較細，帶入海後、往往冲入海中很遠。在海底深處，動植物的石灰遺骸可以堆積很多，而形成石灰岩。我國廣西桂林一帶，倒處孤峯矗立，岩洞幽邃，山水優秀，甲於天下，這些孤峯深穴，都是石灰岩所作成，亦卽由於從前海底動植物遺骸之堆砌，再經海水冲洗，而成今日勝景也。

地殼面上，除水成岩和火成岩之外，在表面又有各種沙土砂礫的沈積物。這些沈積物成是由河水帶來，例如黃河兩岸的沙土；或是由河流冲洗而成的砂礫蛋石；或是由風刮着沙土，如我國北方內蒙古及北平一帶的黃土；最後還有由冰河所帶來的砂礫，例如歐洲阿爾卑士山上所見到的冰川痕跡卽是。

假使地殼面上，祇有火成岩水成岩和表面沈積物堆積其上，那末我們要研究地殼形成的歷史，就要便利得多。然而地殼並不是呆板地在堆積，地殼本身還有各種劇烈變動。第一我們知道地球面上在變冷，例如火山在今日卽較古時要少得多；既是在冷却，所以地殼常起皺痕，好比新鮮棗子，風吹之後，面上就起皺痕一般。既有皺痕，卽有高低，高者爲山，低者

爲海爲湖，或爲江河。總之地球體積，因漸冷而減縮，地球體積既減縮，有些地方即不得不下沈。下沈的時候，壓迫過甚，熱的內部，往往將溶岩從地縫中壓擠而出，乃促成火山活動現象。例如我們乘船由遠東經印度洋蘇彝士運河以達地中海意大利，意大利有一個名勝，遊客往往上岸去觀光，那就是有名的龐拜城和維蘇維埃斯火山。遊客至其地，悶然瞻仰火山的雄姿，亦兼憑吊古龐拜城居民之浩劫。蓋在紀元後七十九年，正是羅馬帝國盛時代，龐拜城即爲繁華城市之一。不料霹靂一聲，龐拜城後之維蘇維埃斯火山爆發，天震地裂，煙霧瀰漫，居民驚惶失色，不及奔逃，而火山口噴出之熔岩，已追縱而至；於是全城居民，皆葬身熔岩之下。至今掘去熔岩，非但牆垣依舊，且人物姿態，坐者仍坐，立者猶立，宛如塑像，遊者至此，莫不嗟吁嘆息！這種火山之暴發，一部分即由於地殼壓力所致。

地殼因冷縮，有時可以促成火山爆發，有時地殼忽然折斷，即形成所謂斷層現象。因爲地層折斷，所以地殼發出劇烈震動，普通之地震，大都是由於這種斷層所致。

地殼自有褶曲皺痕，折裂斷層，於是大地即有褶起的背脊，這些背脊就是山脈。例如雲南西北方面，有橫斷山脈，是南北行的，這就是該處在好久以前，地面東西褶起所致。歐洲最高的山脈，即爲拿破崙在意大利時勇敢越過的阿爾卑斯山。然而在第二紀時，該山所在地

方向為一塊盆狀海洋，那裏各種生物繁盛。至第三紀時，南部大陸下沈而為地中海，海水由直布羅陀擁入，於是陸地海沈；西北部褶曲起伏，山峯乃曲折積疊，以前為海者，乃高聳而成山地或山頂之湖矣。

從這般推測起來，現在地球面上之五大洲五大洋，過去經過的歷史，實在非常有趣。根據於幾何原理，凡球狀物，若體積收縮，同時面積若不改變，結果乃成為四面稜形體(tetrahedron)。我們試翻開世界地圖，仔細翻閱之，大西洋印度洋太平洋及北冰洋，即稜形體的四面窪地；惟稜角不很顯明，這是因為地球自轉極速之故。

照這樣說起來，世界上大陸，在古時是連成一片的。地球面上褶折，使重者沈下為海，所以海底是由玄武岩作成；輕者浮起而成陸，所以陸地多輕鬆的花崗岩，陸地既輕在水面上，可以有飄流現象。例如從前亞美兩洲，在白令海峽相連；南北美洲和歐洲二洲相連，所以大西洋兩岸的海岸線，幾乎若七巧板似的可以拼合起來，而今日格林蘭猶在離歐洲而西飄，每年要離開五十英尺。此種理論卽所謂大陸飄動學說。根據於這種學說，並且知道以前澳洲印度南非洲及南美洲，其間距離，實在較現在的距離要近些。這種學說，卽使不能說完全合乎事實，但是各大陸上的生物，確有許多是同種的，可知各大陸從前是可以通行的。從此並

可知海陸經地面冷縮褶曲之後，還有飄動現象。

總之地殼自地球逐漸冷縮以後，即幾經起伏折變，褶曲飄動，其間變動歷史，既饒興趣，亦極偉大。

第三節　表面

山河起伏，海陸變遷，由於地殼之運動，使之變形不息，已略如上述。但是還有一種使之變形的力量，我們决不能忽視，那就是風霜雨雪等氣候的力量。

地殼在地面上，既形成高山低谷，在山谷面上，受到氣候之剝蝕作用。若經日光久曬，岩石表面即微微澎漲，然而內部因未受到日光之熱，故並不澎漲；內外澎漲既不一致，故岩石乃顯出裂縫。待日光減少，或在晚上沒有日光，外面空氣變冷，故岩石表面，首先受到冷氣，而內部並未受寒；既冷即縮，於是表面和內部，冷縮程度又不一致。一冷一熱，內外不能一致，於是岩石表面，日久之後，即離內部而分裂。此種寒冷力量，驟視之為效甚微，積久之後，任何堅硬岩石，都為之崩裂。在高山和在低谷者，冷熱相差很多，於是剝蝕崩裂之程度亦不一致。故高低相差程度，即隨岩石之剝蝕崩裂程度而改變了。

除寒熱之外，風雨剝蝕，其力亦大。當刮風的時候，常挾着細沙細石，打在岩石面上，即起磨擦紋痕，日久之後，岩石面上，即被刮去一層。這種風沙之力，我們似乎不大覺得；假使你駕駛汽車，馳騁於風沙之下，長久之後，試注意汽車面上光彩奪目的漆面以及玻璃，其上皆細紋成條。從此一點，亦可以想到風沙對於岩石面部之剝蝕能力。尤其高山之巔，所受之風吹更烈，故剝蝕之程度亦愈顯。

風沙之外，尚有雨雪流水。雨雪之水，流入岩縫，可以使岩石崩裂。而山巔所積雨雪之水，向低處下流，水本身既有冲刮力量，所帶的沙石，亦有磨擦效應。故凡水流過地方，岩石面上，即有水浪痕跡。河中石灘，蛋石皆被磨成光滑圓形；海岸石岩，亦常被潮浪打成各種形態。至於水流，由高山以迄低谷，帶下沙土碎礫，在低谷處往往又填留沈積，高山改低，而低谷填高，此亦常見之事。

所以岩石在地面上，受寒暑風雨之剝蝕作用，隨時在改變形態。除此以外，還有一種重要的影響，那就是冰川的磨擦作用。所謂冰川，就是積存高山巔上的雪，經久不溶，乃堆積而成很厚的冰。待此等冰雪，逐漸加厚之後，重力加大，乃逐漸往下推移，即成爲冰川。現在地球北部寒冷地方，如格林蘭等處；或在高山頂上，如阿爾卑斯山頂希馬剌雅山頂等處，

即堆有很厚而終年不溶的冰川。

冰川逐漸由高處向下移動，其速率極慢，往往在一年之內，祗移動百碼之遙，差不多是三天半還移動不到一碼路程。惟移動雖慢，因爲重量極大，故壓力亦大。凡冰川所過地方，岩石上高低各處，皆磨成平面；在平面之上，因爲冰川帶有許多泥沙在高壓力之下，乃刮成許多搔紋。所以看見這些搔紋，往往即可斷定此地曾有冰川流過。

冰川由高寒地方，往低暖地方移動；待至低地，冰川即停留不動。因爲氣候暖和，冰川乃逐漸溶解。溶解之後，其所帶來的石塊砂礫，乃成爲沈澱物，或留積本地，或隨溶解的水，帶入河流之中。這種沈積砂礫，往往在冰川所過地方，皆存有一部分，此種沈積物，名曰漂礫土(boulderclay)，所以在冰川所經過的岩石上，往往非常光滑，惟上面顯有搔紋，搔紋上往往嵌有漂礫土。有時冰川搬運下來有大塊岩屑，名曰堆石(moraines)，往往在冰河末端的堆石，和冰川所開始地方的岩石相符合，這就是因爲冰川從上面搬運下來之故。

由於冰河沈積物之研究，可以知道古代冰河之分佈；知道了古代冰河之分佈，即可以知道古代氣候和現代有怎樣不同。今日寒冷地方，如格林蘭阿爾卑斯山頂等處，姑無論焉；即今日所稱爲熱帶地方，如印度馬來半島，以及南非洲南美洲澳洲等地，亦曾找到冰河沈積物

。我國地質學家李仲揆先生，亦曾在廬山黃山鄂西川東湘西桂北一帶，發現冰川遺蹟。當時長江一帶，既有如許冰川，可知過些地方以前氣候，較之今日要冷得多。這一點頗值得研究。此外在冰川之漂礫物中，往往帶有金砂；據李氏意見，在湘西豫南四川鄂北一帶，皆有砂金，惟洗淘砂金，費力多而所獲少，不如追跡金砂來源，以搜尋金鑛；欲追跡金砂來源，即應當研究各地冰川流動之途徑。這亦就是理論的地質研究足以啓示實踐應用的一個例子。

山岳岩石，經風霜雨雪，冰川磨擦，而有各種風化剝蝕，搬移改道等現象。這些都是無機界之影響；此外還有生物的影響，例如樹根地底，都足以使岩石風化碎裂。而動植物體，死後腐爛，沈積岩石之間，成爲鬆質泥土，名曰腐植物(humus)，內含燐氮硫鈣很多，很宜於植物生長。腐植物加沙土等即成爲壤土(loam)。至於古代樹林，死後葬埋泥土之下，堆積既久，乃成今日之煤鑛；而動植物身上有機物腐蝕，其油脂之類，又聚成石油鑛。此是以植物而言。至於動物體遺骸堆積，能形成石灰岩，已如前述。

可知地面上山谷起伏，變遷很大，高者削低，低者積高，海底昇陸，陸地海沈，凡此皆畫料中之遺遇也。

第四節　地層

凡風霜雨等，動植生物，以及水流轉移，使岩石碎礫，沈積於大地或海底，沙石黏合而成沙岩，礫石結合而成礫岩，生物遺骸堆積而成石灰岩，植物堆積而成煤炭。各種堆積物不同，其所形成之岩石亦不同。在某地方一個時期之堆積物，和較早期及較晚期所堆積者又不同。因堆積物不同，乃作成許多判然不同的層次，這就是地層。我們觀察某區的地層，顯然可以知道愈在深底者，該地層的作成年代必愈早，而愈近地面者，其作成的年代必愈近。

在每一個地層所屬的年代，除最早的沒有發見生物痕跡之外，以後在各年代都有生物存在，其骨骸常遺留在地層岩石中，成爲化石。從生物化石方面研究所得，知道古代的生物，和現代生存於地球面上者不同，如近代象是無毛的，而古代象是有毛的；近代爬虫類很小，而古代爬虫類常爲龐然大物，諸如此類。我們生在今日，能看見古代生物的遺骸，使我們眼界爲之一新，見識爲之一廣，我們不得不感謝自然界天工之巧妙，使我們得瞻仰遺跡，其樂真無窮也。

不過自然界亦並不是好好地將各年代之生物遺骸和各地層，呈現在我們之前；一方面因

然界替我們保存了許多珍貴古跡，又一方面自然界亦普於捉弄人類，其地層排列，在各地方，往往若隱若現，凌亂顛倒。這是因爲各地層既形成之後，地殼常有起伏變動，或沈或降，或連或折；升至表面者，又復遭遇風雨剝蝕作用，好像一本古書，或受蠹蝕，或遭濕水浸，因之往往有字跡模糊之病。故地質學家，欲明白解釋各地層之構造層次年代及化石等，並不是一件很簡單的任務。

但是人類的意志，仍是堅強；積年累月，孜孜不休，終究研究得一個端緒，使我們能夠認識地層，知道各地層時代之生物狀況。現在知道，若將地殼面上由最古的層次以至於最新的層次，堆積起來，其厚約有二十至四十英里。各時代及層次的名稱，可列如下：

始生代（緜延有一萬萬年）(Archaic era)

　前寒武紀（未發現有生物化石）(Pne-Cambrian period)

古生代（緜延三千五百萬年）(Palaeozoic era)

　寒武紀（開始有三葉虫及酸漿介）(Cambrian keriod)

　奧陶紀（開始有筆石）(Ordovician period)

　志留紀（筆石絕跡）(Silurian period)

泥盆紀（開始有魚）(Devonian period)

石炭紀（開始有兩棲類）(Carboniferous period)

二疊紀（開始有爬虫類，三葉虫絕跡）(Permian period)

中生代（繇延五千五百萬年）(Mesozoic era)

三疊紀(Triassic period)

侏羅紀（開始有鳥類）(Jurassic period)

白堊紀（開始有哺乳類）(Cretaceous period)

新生代（繇延至今，約二千萬年）(Caenozoic era)

始新紀(Eocene)

漸新紀(Oligocene)

中新紀(Miocene)

上新紀(Pliocene)

洪積紀(Bleistocene)

現世紀（開始有人類至今約一百萬年）(Recent era)

從上面簡單的表上看起來，由始生代至今日，約共達二萬萬年。估計地質年齡的方法很多，我們所謂二萬萬年，是用放射元素的估計方法得來。即使這個數目不很準確，但亦已經可以給我們一個年代久遠的印象。

最早的前寒武紀（Pre-Cambrian period）時代，是沈在最底下層，其厚約在十萬英尺以上。在此時代，我們並未發見有任何生物化石；但是我們不一定可以斷定說是沒有生物，因爲亦許有單細胞原生動物之類，至今沒有留下來什麼化石。最早生物的遺跡，是發見在寒武紀(Cambrian period)時代岩層內。在這些岩層內，發見有三葉虫。所謂三葉虫，是現代甲殼類動物的始祖，其形狀有些像現代海中常見的蟹。除三葉虫之外，在晚期還發見有筆石之類的動物。筆石(grarhtolites)是一種水母類的羣體動物，由一列線狀排列着的細胞而成，每一個細胞即是一種原始類生物。尋常浮游於海洋，分佈於全球。這種生物存在很久，直至志留紀終了才消滅不見。總之在志留紀以前，下等無脊椎動物已繁盛，但是有脊椎動物則尚未開始出現。

有脊椎動物，要待至泥盆紀方看到其殘骸。在脊椎動物之中，首先出現者爲魚類。在志留紀晚期，偶而看到有無內骨而祇有外骨——即瘤皮甲——之類的原始魚類，其上下顎發育

不全，亦沒有成對的鰭，亦許有輭的脊椎，而沒有留下化石，亦未可知。以後乃有現代輭骨類鯊魚之始祖。與正硬骨魚類，有鰭有尾者，要待石炭紀及泥盆紀以後方開始出現。

在硬骨魚出現之後，接續乃有水陸兩棲類。水陸兩棲類之所以出現，大概是因爲有水地方，水常乾燥，因之欲維持其種，勢必要在水乾時亦能生活。所以其呼吸器管特別發達，成對的鰭變成四肢。所以在石炭紀和二疊紀時代，兩棲類動物的形態非常紛歧雜亂。

在石炭紀時代，由兩棲類已發展出爬虫類了。其進化方式：是將鰓完全退化而發展成眞正的肺。至二疊紀則爬虫類大佔優勢，軀幹龐大無比，在陸地上馳騁稱霸，即我們現在所知道的恐龍類是也。從我國蒙古一帶地方，即掘出許多珍貴的遺骸，最近在雲南龍豐縣又有中央地質調查所楊鍾健先生所發現的陸豐龍，其軀幹亦長達三丈、現在世界上所找到者，最長達八丈。這種爬虫類，其體雖大，然而腦子極小；所以雖然曾經橫行一時，而終不免被自然所淘汰。

有一種恐龍，前肢發展有膜狀附着物，成爲原始的兩翼；其骨骼亦輕便，故能飛翔。這種能飛的恐龍，首先在侏羅紀發現。亦正在侏羅紀，開始發現有鳥類。這種鳥類，和現在的鳥類不同，口內有齒，尾似蜥蜴，胸是扁的，可知鳥類是爬虫類的後裔。至中生代之末期，

即在白堊紀，方開始有近代式鳥類，而蜥蜴式的鳥類，亦從此絕跡。同時哺乳類動物，亦開始出現。

哺乳類動物，是直接由爬虫類發展而來，在中生代晚期，即白堊期紀，已發現很多。此時大爬虫類已逐漸減少，以至於絕跡。在化石之中，已發現有馬、象、犀牛、河馬之類，但是和近代的馬、象、犀牛、河馬都不同，而爲近代馬、象、犀牛、河馬之始祖。現代的有蹄類，或一趾或二趾，而原始的有蹄類，都是五趾的。追究哺乳類動物的始祖，亦許若爬虫類一般是卵生的，即現在澳洲亦尙生存有一種卵生的哺乳類動物，所謂鴨嘴獸是也。這種原始哺乳類動物，亦曾在中生代之三疊紀發現過。例如新近楊鍾健先生在雲南陸豐所發現的陸豐龍，查其年代，約爲上三疊紀；同時還有一個很重要很珍貴的發現，即有一個原始哺乳類動物的頭殼。從這些發現看起來，在上三疊紀似已有原始哺乳類動物。

直至現世紀，方開始有人類，所以人類的歷史，至多不過才百萬年，在地質史上，還是很晚近了。以現在所得到的材料而言，最早的人類，大概出現於亞洲的北平和爪哇一帶，所謂北京人和爪哇人即是。從這些人種的頭骨方面看起來，殆較近代人類爲更近猿類，下顎突出而粗圓，額骨較低，腦子容量較小。在百萬年中，人類的進化，祗就形態方面而言，已

大可觀；至於文化學術，近數千年來，近百年來，甚至近數十年來，其進步已大有可觀。

以上是就動物之進化而言，植物因爲多是軟體，故化石較少；但是在古生代的泥盆紀以前，陸地上已生長許多植物；在石炭紀則海濱植物，異常繁盛，這些植物，埋在土下，卽供給我們今日的煤炭。這些植物都是隱花，多和苔蘚羊齒類相接近，是下等植物。至三疊紀末，方有松柏科；至下白堊紀，方有顯花植物。

從上面各地質時代的地層中生物化石看起來，顯示生物的進化，有鐵一般的證據，使我們毫無猶疑的餘地。大自然隨着時代而變遷，非但無生命界跟着變遷，卽生物界亦跟着變遷。所以今日的人類自以爲最高等；將來超人類迴顧起來，亦將成爲是低級動物，其等級僅高於猿猴而已。

第五節　空中

地球面上，吾人所賴以生活者，尙有空氣。我們走上高山，高山巓上雖然空氣稀薄，亦尙有空氣存在。因爲有空氣存在，加上溫度變遷，乃有風雨寒暑。然而空氣之厚度有限。普通氣候之變遷，皆爲二十公里以下之現象；若在二十公里以上，則達到高空了。

高空(A.S.Evl)

研究高空的最大困難，就是我們怎樣能昇到那麼高地方去？假使是在平地，幾十公里以平幾百公里，都沒有多大問題；然而往高處昇，情形就完全不同。祇要我們遊過高山，就知道愈往上走，空氣壓力愈小，呼吸愈急促，氣候亦愈冷。喜馬拉雅山之常住者，高一萬幾千

英尺，我們已走不上去了。若乘坐飛機，最高亦不能高過十公里。然而這樣的高度，離高空地方，還相差很遠呢！

科學家欲探知高空情形，現在祇有一個方法，就是用氣球上昇方法，或是人坐氣球上去，或是人不上去，祇帶着自動紀錄儀器上去。氣球上昇，最高的紀錄，曾達到三十五公里（由意大利巴杜圭 Padua 地方上昇）。但是這一次上昇，既未乘人，亦未攜帶任何自動紀錄儀器。至於人乘着氣球上昇，攜帶着科學儀器，以測量各種情形者，如畢加(Piccard)氏的工作，最高曾昇至十五公里，在那個地方，他曾發現高空中的宇宙線要較地上強一百倍。一九三五年，美國安得生和司梯芬 (Anderson and Stevnls) 曾上昇至二十公里，此爲目前人類達到高空之最高紀錄了。

其實所謂高空，乃指二十公里以上之空中所言，所以嚴格地說起來，即安得生和司梯芬二氏，亦尚未昇至高空之中。但即使在二十公里高處，已和十公里以下的低空，情形懸殊。在十公里以下，愈昇高則溫度愈低，猶如峨嵋山頂，其氣候較之山下要冷，此已爲吾人所熟知。故空中十公里以下，名曰對流層(trophosphere)。過此以上，以至三十五公里，則愈上昇而溫度再不下降，甚至有漸高昇者，故名曰平流層 (Stratosphere)，亦有譯作同溫層者，

似不甚切合）。在平流層中，平均溫度，約爲絕對溫度二百二十度，惟因各地各季，亦有差別。在南北極上空之平流層，其溫度反較之在赤道上空中者爲暖，空中最冷處，爲赤道上空約十八公里的地方。

至於由平流層再往上昇，科學家目前還無法直接觀察其一切現象，祇憑間接的測量，知道有下列情形。由三十五公里至八十五公里處，空中臭氧氣增加起來，尤以五十公里附近處爲最濃厚，故名曰臭氧氣層(Ozonosphere)。此種臭氧，究竟如何形成？據現在所知，爲日光中紫外光線，照射到空中氧氣所作成。亦因爲此地有濃厚之臭氧，故溫度較高，約在華氏八十度；空氣既暖，往往地球面上之聲音，其音波先止於此，而後復反折至地面。在十七世紀時代，英國海軍和荷蘭海軍在英海峽作戰，牛頓在劍橋，即可聽到砲聲，由於砲聲漸遠，而知英軍勝利，其所聽到之砲聲，即由海中傳至高空臭氧層，復由臭氧層反折至地面上劍橋所致；離海中較劍橋爲近者，因折音不到，反聽不到砲聲。

由臭氧層再往上昇，在八十五公里以上至二百公里處，空中多游離之游子，故名曰游子層(Ionosphere)。在游子層中，除游子之外，有隕星，有極光(aurora)。極光爲空中美麗之奇跡，在最近北極如那威格林蘭等處常可以看到，五光十彩，洋洋大觀，其高度能由空中六

十公里處達到九百公里之高。其成因是由於太陽電子，打擊地球面上空中氮和氧所作成。惟在游子層中，有一個重要區域，即克耐利海未賽區(Kennelly-Heaviside region)。此區爲克海二氏所發見故名，亦稱曰E層。其所以重要者，因爲無線電波，達到此地，即反折而下，正如音波達到臭氧層者相同。在反折電波所達到地方和發電中心之間，往往收不到電波，此即所謂靜區(silent zone)是也。

高昇至二百公里，以至於二百五十公里地帶，即自成一層，名曰艾拍頓區域(Appleton-region)，或曰F區。無線電波，能高昇至此，而後反折至地面。因此從地面上發出一無線電波，在高空中有兩個反折，一爲E區，又一爲F區。其所以能反折電波者，因爲在高空中氣壓過低，氣體分子運動鬆懈，復經紫外光線之照射，乃成游子；既爲游子，即成爲電導體，至少E區的情形是如此。至於F區是否如此，尚不大明瞭。惟因爲無線電波能由二百餘公里上空反折至地上，地上又反折至F區，如此往返八次，即超過三千公里路程；一百來次，即繞地球一週。惟其有這種往返反折，無線電波才有傳到全球之可能；沒有這種反折，環球無線電波乃成爲不可能。

故高空知識，對於未來無線電之發展，極有關係，此又爲前人所未想到者。

結語

吾人生長在地球上面，覺得山高水深，經常如此，殊不知自有地球以來，海陸陸海，已幾經滄桑。或由火山爆發，或由地震褶折，以至於風霜雨雪，冰川磨擦，逐年變遷，從來不保守一種形狀而不變。

地球面上由於雨水冲積，碎礫泥沙，沈積成層；代復一代，乃成層復一層。每層沙礫中，常保留有古代生物，卽形成所謂化石。於是地質學家，閱讀地層，卽知歷代生物興亡。每層中的生物，都各不同，可知古代生物，和現今生物不同。尤有趣者，卽各地層中生物化石，由無脊椎動物以至有脊椎動物，由魚類雙棲類爬虫類以至哺乳類，愈高等者其出現期愈晚，而尤以人類爲最晚。生物進化，於此可見一般。至於地球面上，雖爲空氣所包圍，但祇爲有限的厚度，在二十公里以上，卽吾人所謂高空，二百五十公里以上，則逕到眞空，已無空氣存在。

習題

(一)何以見得地球內部是高熱度的固體？

（二）試述火山爆發及地震的起因。
（三）試述冰河的成因及其遺跡。
（四）略述地層之時代及其生物。
（五）試解釋地面上無線電播音之靜區。

第六章 物質元素

一六八六年，牛頓「自然哲學之數學原理」一書問世，此爲文藝復興以後，天文學和力學集大成之作。從此以後，人們明白地球並不是宇宙中心，僅不過是圍繞太陽而轉的行星之一；地球的一切運動，和天體其他星辰之運動；地球面上物質之運動，都遵守統一的運動法則。牛頓非但奠定了天文學和力學基礎，並且奠定了物質科學的基礎。

一八〇八年，英國又有一部劃時代的科學著作問世，那就是道爾頓氏（John Dalton）「化學哲學之新系統」。該書闡明元子學說，奠定近代元子物理學和化學基礎。其偉大性亦不下於上述牛頓的著作。

道爾頓氏「元子」這個名詞，在古希臘紀元前五世紀時，業已有人提出過了。元子西文名爲 atom ，原意爲不能再分。但是古希臘時代所稱的元子，和道爾頓氏所稱的元子不同：古希臘哲學家之所謂元子，是臆測的，沒有清楚觀念的；道爾頓氏之所謂元子，是有實驗證據的，明白確定的。我們卽使說兩者絲毫沒有關係，亦不爲過分。

英國在十八世紀末葉，統治商業已佔優勢，近代工業亦已繁盛。工業中心地如伯明罕孟

珋斯脫等地的紡織工業需要漂白染色，冶金工業需要分析金屬，鑛產工業需要分析煤氣，此外尙有肥皂、肥料等工業，這些工作都需要化學知識。這樣纔有化學家起來，努力研究各種物質的性質成分，以便利生產。結果遂使化學科學發達，促成元子學說之成立。

科學家起而分析物質的性質成分，這是一種進步思想。十七世紀下半葉，差不多在牛頓那個時代，包蘘兒(Robert Boyle)曾先指出「物質成分和性質」觀念，他說：「我之所謂元素(elements)……意思就是某些元始的，簡單的，完全不混合的物體；這種物體不由其他物體所組成，亦不和其他物體相混合，而是一切混合體的混合成分，最後可以設法分檢出的。」（見所著 Sceptical Chymist, P. 187）這種進步觀念直至十八世紀下半葉，產業革命之後，才重新由法國化學家拉瓦希(Lavoisier)提出。

拉瓦希說：「化學之目的，在分解各種不同的自然物體，……分別觀察其所配合的各種物質。我們今日以為簡單的，其實並不一定是簡單；我們祇能說某某物質為今日化學分析之最後結果，以現有知識言，已經不能再分了。」（見所著Traite elementaire de Chimie. 1789）這裏他指出了化學研究的方向，他認為化學家的第一個任務，卽是分析物質的配合元素，直至最簡單不能再分時為止。這種觀念已預示有元子學說之必要了。因此他自己卽列舉

有三十三種元素，在此三十三種元素之中，除有十種實在還是化合物之外，其他二十三種，確爲最簡單的物質元素。

第一節　元子

在拉瓦希那個時代，整個十八世紀科學界瀰漫着兩種學說：一種是燃質學說（The Phlogiston theory），即認火爲物質；又一種爲卡洛力學說（The caloric theory），即認熱爲物質。這兩種學說的根本錯誤，即對於物質的性質和成分二者，沒有明確的觀念；可是這兩學說居然盛行於十八世紀科學界了。因此，我們應該欽佩拉瓦希思想的敏銳，在當時確可認爲是先進者。不幸拉氏一七九四年死於斷頭台，於是元子學說之最後完成，乃屬於英國化學家道爾頓氏。

道爾頓氏最初所研究者爲空氣。當時化學家已經知道，空氣內含有氮氧二氣，二氣並常成一定比例。經道爾頓氏分析之後，才知道空氣是由各自獨立存在的氮氧二氣混合物而不是真正化合物。氮氧二氣既爲各自獨立存在的二混合物，道爾頓氏乃取此二氣，分別研究其化學性質，化合能力，以及相對大小重量等問題。他認爲這二種不同氣體元素之大小重量，必

有差別。我們究竟用什麼方法，可以找出各元素之大小和重量呢？

正在這個時候，化學界知道了：「化合物由各元素化合一起是成一定比例的」這個原則。例如炭和氧化合在一起，可以成一與一之比例，亦可以成一與二之比例。這二種化合物之化學性質是不同的，前者成爲有毒的一氧化炭，後者成爲無毒的二氧化炭。以重量言，七克之一氧化炭內，有炭三克氧四克；十一克之二氧化炭內，有炭三克氧八克。我們從這個比例，可以找出，氧在二氧化炭中，較在一氧化炭中重一倍。同例，又知氮可以和氧化合在一起，亦可以成一與一之比，和一與二之比。氮一氧一化合爲笑氣，可以用作麻醉劑；氮一氧二化合爲硝酸氣，在空氣中暴露能成爲棕色有毒的氣體。二者化學性質亦是不同，每十一克一氧化氮中，有氮七克氧四克；每十五克二氧化氮中，有氮七克氧八克。二氧化氮中之氧，較一氧化氮中的氧重一倍。

這樣看起來，各種化合物之構成元素雖然可以相同，但元素的比例是不相同的；某一元素分配在各化合物中，重量常成一定的倍數比例。

我們知道道爾頓氏固然是一位化學家，但亦長於數學和物理學，他的理論力極强。他早已設想，物質是由基本元素所組成（此事在一七九五年方從道氏筆記中發現），現在得此較

量比例的事實，元子學說更顯得確定無疑。他並且說，每一個元子，有一個元子重量，各元子的重量不同。此種元子重量，可以用一個元子作標準，決定其他元子的重量。此一標準元子，可以取氫元子任之。由此元子觀念，乃確立在數量分析之基礎上面，這是道爾頓氏之最大成功。恰好一八〇八年，法國化學家蓋羅若（Gay-Lussac）又發現同溫度及同壓力下氣體化合之簡單容量比例定律，元子學說於是更有力量，成爲近代物質觀念之基礎。

我們上面已經說過，拉瓦希列出二十三個眞正元素，至一八〇〇年增加到二十七個。元子學說成立之後，大家更努力尋找宇宙間物質的基本元素。一八三〇年卽劇增至五十五個。從此元子已不是一種學說，而是實在的存在物了。此五十五個元素，亦卽成爲五十五種元子了。當時化學家之分析技術，已很進步，地球面上最普通之元子，都已找尋出來了。一八三〇年以後，逐漸又增加了三十種地球面上的稀少元素，如鑭（La）之類；此種稀少元素之所以被發現者，大部分有賴於一八六〇年所發明的光譜分析法。所謂光譜分析法者，就是用光譜方法，以識別新元子之存在。任何元子其光譜上面線之分配及位置等，皆有一定；從光譜綫之分配及位置等，卽可知道是否尚有新元子存在。此種方法極爲精確，任何元素祇要有一克之百萬分之一，卽可以察出。此種方法之發明，新元素又找出不少，一八六〇年以後，元

素總數已達八十餘種了。

找出來之元素，既日有增加，化學家於是又開始注意各元素間之關係。第一件可以注意的事實，即元子的重量。如果依照元子的重量，由輕而重排列起來，而後再注意其理化性質，此中居然可以看到有週期性。一八六二年向古多（de Chencourtois）第一次作這樣的排列，紐崙（Newland）一八六四年更提出所謂八級法則（Law of Octaves），意思是說元子的排列，每八個爲一週期，好像音鍵上八個音階似的。這種純粹經驗的說法，當時許多化學家都一笑置之，認爲牽強附會，沒有道理。至一八六九年，德國化學家梅堯（Lothar Mayer）及俄國化學家孟儡萊夫（Mendeleeff），先後重提週期律，將八十餘種元子列爲週期表，並明白指出其意義所在，化學家纔開始注意元子之週期性，此即現在各化學教科書上所列週期表。有了這個週期表，各元子乃可分爲各羣各類；從其排列的次序方面，又可估計其重量，以校正由測量所得的元子重量；並且可以預言新元子之存在及其性質。可見這樣一個週期表，並不是純經驗的，而是合乎自然規律的。

在孟氏週期表上，有三對元子是重量次序前後顛倒的，即氬（argon）重於鉀而位在鉀前；碲重於碘而位在碘前；鈷重於鎳而位在鎳前；其理由是由於元子內部構造關係。但是這

種現象，和其所表示之眞理及其對於促進化學進步之功用相比，亦不足掛齒。例如週期表出現之後，不久即發現鎵(Ga)鈧(Sc)鍺(Ge)三元素；該表上列有九十二個元素，此九十二元素，至一九四〇年已完全發現；最後發現的第八十五個元素，由瑞士貝恩大學曼德教授（Prof. W. Minde）在歐洲第二次大戰中發現，取名為 helvetinum（可譯為鋑，見 Nature. 1940, Aug. 17. 號）。週期表預言之功，誠不可磨滅。大概九十二個元素中，氫和矽佔地殼成分四分之三；氧矽鋁鐵鈣鈉鉀鎂八種，共佔地殼成份百分之九十九；較重元素大概都深沉於地球核心，在地球面上為數甚少，共計只百分之一。從此宇宙間物質基本元素，乃完全發見。人類既發見了許多新元素，近代文明乃更進步：例如氦之用於飛航，氖氬等之用於電燈泡，鋁之用於飛機汽車，錳鎂之用於鍊鋼，鐳鈾之用於醫藥治療，諸如此類，不勝枚舉。十九世紀以後，進步的工業增加化學知識之需求，而化學知識之進步，尤促進二十世紀以來新工業之發展。

宇宙間九十二個元素，在週期表上是依元子重量排列的，已如上述。這種排列，既能預示未發現新元素存在之地位，又能指示各元素理化特性之週期性，事之難能可貴，莫過於此。然而自然界還有更難能更可貴者，即所謂週期律是：自元子知識進步之後，週期律又得到

了新的有力證據，此新證據卽一九一四年莫斯萊（Mosley）所發現之元子序數(the atomic numbers）。所謂元子序數，簡言之，就是各元子內繞核而轉之電子數目。每一元子，皆有一定數目之繞核電子：氫元子內有一個，氦有二個，鋰有三個，以至最重元子如鈾，有九十二個電子。電子數目排列次序，恰如週期表上所列的，絲毫不亂；甚至如氬鉀，碲碘，鈷鎳，依照元子重量，雖是顚倒的，依照電子數目的排列，却和週期表次序相同，卽氬的次序爲十八，鉀爲十九，碲爲五十二，碘爲五十三，鈷爲二十七，鎳爲二十八。可惜孟氏一九〇七年已卒，若能加壽十年，看到莫斯萊之偉大發見　眞該怎樣快樂兒！元子序數發見之後，我們知道各元素之理化特性，和元子序數之關係，更爲密切；換一個說法，就是各元子外圍繞核而轉之電子數目，和其內部組織的關係，比較元子重量的關係，更爲密切。我們下面就要進而探討元子內部組織的祕密。

第二節　元子解剖

我們上面已經說過，元子西文是不可再分的意思。但是此種說法在元子學說成立後不到一世紀，卽已被否認。

十九世紀末葉，新事實發見，不斷地啓示元子還是可以再分的。但是元子體質過小，人們肉眼固不能見，即使用顯微鏡亦無法看見，除非用新發明的電子顯微鏡。元子半徑祗一萬萬分之一公分（生的米突），重的元子也許要大些，但也大不了好多。元子既是這樣小的小質點，人們又怎能解剖，怎能研究其內部組織？當然人們沒有直接解剖元子的方法，但是却有間接的解剖方法，使我們能够了解元子構造的底蘊。

一八九五年，樂琴（Rontgen）發現X光綫；第二年貝克勒（Becquerel）又發現鈾（Uranium），且知鈾亦能發出射線；再過二年，一八九八年，居里夫人在瀝靑鑛石中又分出一種新元素，即所謂鐳。鐳之放射能力，較鈾又大百萬倍。自此以後，陸續又發現許多放射元素，連鉀鈹在內，共得到四十來種，多數均屬於較重元素。一八九九年，即十九世紀最後的一年，英國盧德福（Rutherford）又發現了放射元素有三種射線，他名之曰α β γ射線，α射線之波長較X光線者爲短。這些連串而來的事實，都使「元子不能再分」的觀念，起了根本的動搖，促使科學家要再進一步研究元子內部的組織，看牠裏面究竟埋藏着什麼秘密。

時輪很快地轉到二十世紀了，此問題又經過無數次的理論和實驗分析，現在人們已經知

道元子構造的大概情形了。原來每個元子的構造，正像宇宙間的一個太陽系，中心的太陽就是元子核，四週的行星就是繞核而轉的電子。電子極輕，約爲氫原子重量一千八百四十分之一。普通所謂元子重量，其實只指各元子核的重量。電子的體積，亦渺小得不足稱道，其半徑只有2×10^{-13} Cm。電子是負電荷的，元子核是正電荷的，正負中和，乃構成普通穩固的元子。所以元子的構造，就是爲電磁性的構造。道爾頓氏創立元子學說之後，英國皇家學會贈以皇家獎章。道氏接受獎章的時候，有一番演說，演說辭中有一段說，「化學變化及其變化法則，現在尙在未知之數，但在電磁關係的現象方面，科學中已指點出新的曙光了。」我們至今想起這段舊話，覺得道氏誠有先見之明。他的演說辭中已暗示出元子組織及其化學變化之電磁性質，這在二十世紀之今日回想起來，我們更覺得有深長的意味。

一個元子，就是一個電磁組織；核內是電，核外圍繞着轉的亦是電。核外電子的數目，各元子不同，氫元子有一個電子，氦有二個，最重的鈾元子有九十二個。依照電子數目的排列，就是我們上一節內所說的元子序數。至於元子的核心，是由正電荷質子及不荷電之中子所構成。質子數目，等於電子，故質子數目，亦是元子序數。

繞核而轉的電子，其排列方法非常有趣，電子之轉，各有其轉動規道，正如各行星繞日而轉各有其轉動之規道相似。如果電子的數目很少，一個或二個，同在一個規道上轉，自屬可能；但如電子數目增多時，十幾以至幾十個(最多到九十二個)，可決不能聚集一起在一個規道上轉動了；此時必須分出好幾圈規道出來。例如氫的元子序數爲一，核外只有一個電子，即繞一個規道轉；氦的原子序數爲二，核外有二個電子，此二個電子仍繞一個規道轉；鋰的元子序數爲三，有三個電子，其中二個電子分佈在第一圈規道上轉，第三個電子就不得不分到外面第二圈規道上了。如此類推，每一圈規道可能安置的電子數目，是有限制的。根據黎伯(Rydberg)教授的說法，第一圈規道上安置的電子爲二個，第二第三圈各爲八個，第四第五圈各十八個，第六圈以上，每圈至多三十二個，電子的排列方法如此。

由於電子的排列方法，於是元子就分成爲足額電子和不足額電子兩種了。足額電子的元子，就是說元子核外各規道上的電子是佔滿了的，即第一圈規道上有二個電子，第二第三圈各有八個等等。氦的元子序數爲二，有二個電子，恰恰可以佔滿第一圈規道，所以氦是一個足額元子，氖的元子序數爲十，有十個電子，這十個電子有二個分佈在第一圈規道上，八個分佈在第二圈規道上，也恰恰佔滿，所以氖亦是一個足額元子。反之如氫只有一個電子，而

第一圈規道上可以有二個電子，所以氫是一個不足額元子。又如氯的元子序數爲十七，有十七個電子，這十 個電子中有二個分佈在第一圈規道上，八個分佈第二圈規道上，外面第三圈規道就祇賸下七個電子了，尙不足一個，所以氯也是一個不足額元子。電子之足額與否，於元子本身化學性質很有關係，足額的元子如氦如氖，性極穩固；不足額元子，如氫如氯，卽不穩固而呈活動的現象。

不僅元子本身之穩固活動，是由電子之足額與否而定；就是元子和元子結合成爲化合物，那化合物性質之穩固與否，亦隨電子之足額與否而有不同。例如氯元子有十七個電子，除分佈在第一第二圈規道上共計十個電子外，第三圈規道上只賸七個，尙不足一個；今若把氫和氯放在一起，化合而成爲鹽酸 HCl ，那時氫的一個電子，補入氯元子的第三圈規道上，湊足了八個，於是化合物鹽酸的電子是足額了，這就成爲穩固化合物了。由此我們可知元子及元子的化合物和電子數的關係，較之和元子重量的關係要大，此其一；第二，元子的化學反應，確如道爾頓氏所預料，是一種電磁現象。

以上是根據於黎伯氏說法。一九一九年，蘭格密氏(Langmuir)又提出新的說法，他說

各圈電子可能的數目，爲7,8,18,32,50,72,98，但事實上外面三圈電子是不足額的。一九三二年，貝利氏(Bury)修正此說，以爲元子最外兩圈規道上的電子數目，可以變換，以應元子價之變換。總結言之，元子最外層的電子數目，和化學作用之關係，是非常密切，這一點已是確定了。

第三節　元子核

以上只講到元子組織內之電子運動及其排列法，尙未深入到元子核的構造情形，更爲複雜。

元子核內有質子(Proton)，質子是正電荷的，已如上說。元子又因爲序數不同，電子數目亦不同；若序數爲一卽有一個電子，序數爲十卽有十個電子。例如一個氖元子，外面圍繞而轉的有十個負電荷電子，則其核內至少須有十個正電荷質子拉着電子轉；又如果核內只有十個正電荷質子，那末各質子間勢必互相排斥，如何能夠相安於核內呢？因此科學家又假定核內必須同時有負電荷存在。這樣說來，元子序數爲十如氖者，核內必有十個負電荷電子，

二十個正電荷質子，這點上面亦已提及過了。現在我們知道，這些帶正電荷的質子，卻是中子。例如，氫元子是一個質子一個電子組成的；其他元子的質子和中子數目，共爲兩倍於核外的電子數目。例如氦的元子序數爲二，核內有兩個質子兩個中子；氧的元子序數爲八，核內有八個質子八個中子，依此類推。

但是九十二種元子之中，其核內的質子中子總數，並不全是兩倍於其核外電子數。關於這點，我們得要參考元子的重量。按元子的重量，普通常只指核的重量；電子過輕，不能計重，前面亦已提及之。茲據科學家計算，氫元子的重量爲一·〇〇七七，除去裏面一個電子重量〇·〇〇〇五四、得一·〇〇七二，則其核內一個質子的重量約爲一。以此衡諸氦的重量爲四帶氦核內有四個質點；氧的重量爲十六，氧核內有十六個質點等事實，已大致可信。氦元子重量爲四，元子序數爲二，氧元子重量爲十六，元子序數爲八，似乎元子的重量，即等於元子序數之兩倍；但是此點亦有例外，例如鈾之元子序數爲九十二，其重量爲二三八而不是一八四。由鈾原子的重量，我們可以想到核內必定有二三八個質點。這二三八個質點之中，除去九十二個質子，用以拉住核外團轉的九十二個電子外，尚得要有一四六個質點和電子，才能保持核內中和性。所以元子核內中和性之質點，即帶一個電子的質點數目，不一定

和核內不帶電子的質點數目相等。這一點證之於同位元素(isotopes)益爲可信。

同位元素者，就是元子重量不同，而理化性質相同之元素。例如普通鉀元子的重量爲三十九，但是亦有重量爲四十一的鉀，二者的元子序數都爲十九。重量爲三十九的鉀，核內應當有三十九個質點；這三十九個質點之中，除去十九個用以拉住核外十九個電子外，尙有二十個中子；重量爲四十一的鉀，核內應當有四十一個質點，除去其中十九個用以拉住核外十九個電子之外，核內尙有二十二個中子。這個事實表明一個元子的理化性質，常決定於核外的電子，而非取決於核內的質點。同一種元子，核內的質點數目可以不同，元子重量可以不同，但是核外圍繞而轉的電子數目必同。元子重量不同，核內中子數目不同，核外電子數目相同者，即構成同位元素。現在我們知道的同位元素很多，例如鉀有二個，鉛多到十個。一九三二年，紐約科倫比亞大學敎授尤萊氏(Harold C. Urey)並發現了氫的同位元素，所謂雙氫或重氫(deuterium)，其重量爲 2.0136=0.002 從此事實已知有二種氫，一種重量爲一·〇〇七七，又一種重量爲二·〇一三六，前者核內只有一個質子，後者核內有一個質子和一個中子(即帶一個電子的質子)。所謂重水，就是重氫和氧化合者，這是一個新發現，其性質和普通水又不同。

讀者至此，大概已注意到中子（neutron）二字。所謂中子，就是帶一個電子的質子，是質子和電子的併合點，其質量約等於質子，爲一、〇〇五至一、〇〇八，亦爲組成元子核之一成分。中子是在一九三二年方發現的。現在關於元子核知識，猶在逐日進步中。中子之外新近又發現了正電子（Positron or positive electron）。正電子質量極小，約等於電子。這樣，一個元子核內，就已經有四種質點：即質子，中子，負電子和正電子。其間的關係約如下表：

質子加負電子——中子

質子減正電子——中子

中子減負電子——質子

至於上面這些質點怎樣被發現的？牠們間的關係又怎樣探悉？要解釋這二問題，我們又要回轉來講放射元素之放射線了。

上面第二節開始時，我們已提到過十九世紀最後幾年連續地發現的X光線，放射元素，及α β γ放射線，終將元子不可再分的觀念，打得粉碎。所謂放射元素，就是指能在暗處放光的元素而言，其放出的光甚至能夠透過別種物質如紙或水或鉛等。此中放射元素的放射能

力，以鐳爲最強。如將盛鐳放在一玻璃管內，又將玻璃管移放額前，緊閉兩眼，而後再將該玻璃管拿開；此時你雖閉着兩眼，還是可以看見光；又你如果把那盛鐳玻璃管，放到衣袋裏，過幾小時後，但見該處衣服下面的皮膚紅腫，要待好久才能痊愈。鐳的放射能力，如此之強，對於人體生理上又有此種影響，所以醫學界常利用之以治療癌疾。

上面曾說，這種放射元素的放射線，都是由元子核內放射出來，經過盧德爾氏之分析，已知有三種射線，即α β和γ，這三種射線的穿透能力，α線爲最小，β線次之，γ線最大，其比率約爲 $10:10^3:10^5$；三種射線的性質又因其來源不同而有差異。

α射線實在是一種質點，當名之曰α質點，帶着正電荷。其重量等於氫元子重量之四倍，亦即等於氦元子核的重量。其穿透力甚小，甚至連厚玻璃及厚紙都穿不過去；其被磁石所吸引之效應亦甚小；惟其使氣體起游子作用（即使氣體分子分出正游子和負游子）之能力甚大；其傳播速率爲每秒鐘二萬英里。

β射線亦是一種質點，又可以說是電子，帶着負電荷。其重量爲氫元子重量一八〇〇分之一（約等於一電子之重量）。其穿透力較大於α射線，能穿過玻璃；其被磁石所吸引之效應亦較大；惟其使氣體起游子作用之能力則甚小；傳播速率爲每秒鐘十萬英里。

至於γ射線，既不是實點，又不能被磁石所吸引，此實是一種X光線。其穿透力極大，能透過數寸厚的鉛，或數尺厚的鐵；傳播速率和光相同，每秒鐘約為十八萬六千英里。假使我們說γ光線是α質點和β質點由元子核內射出時所發生的電磁波，那末α或β質點當為元子核內部的組織成分。自從這些事實發現之後，元子可以再分，已屬毫無疑問了。現在我們再要看看，元子失去α或β質點以後，將有什麼變化呢？

茲以鐳元子為例，鐳的元子重量為二二六，假如失去一個α質點，即是失去一個氦元子核的重量（即四），那就等於二二二了，實驗的結果與此相符合。又因為α質點是正電荷的，失去一個α，就要跟着失去二個核外的電子；核外電子減少二個之後，元子序數就要倒退二位，按照週期表所列，這正是氡的序數。然則鐳失去一個α質點，就變為氡了（元子序數八十六）這亦是和事實相符合。依此下去，鐳放出三個α質點之後，即變普通穩固的鉛了。鉛不再放射，亦不能再變，事實上正是如此。

失去α質點的元子，其元子序數即往後退；那麼失去β質點的元子又將怎樣呢？如上所說，β質點為電子，假如鐳核內失去一個負電荷電子，那時元子核內勢必多出一個正電荷質子；假如此正電荷質子，又拉一個電子來到核外，則元子序數必增加一位，此點亦已得證明

。又如果電子不被拉出核外來，元子序數不變，則元子量卽變，那就成爲上面說過的同位元素了；原來的鐳（Rad）乃變成爲同位元素Rac了。這亦已由實驗加以證明。

經過這些放射元素變遷之研究及用α質點轟擊各種元素，於是元子內部（特別是核）的組織構造，逐漸被科學家所認識，以至於發現中子和正電子等等成分。

第四節　元子的變

講到這裏，我們已可發見一件新事實，卽元子可因失去α或β質點而變遷，如鐳可變爲氡又變爲鉛；然則所謂元子者非但不是不可分，抑且不是不可變！照此說來，所謂九十二種元子，不過是九十二種元子樣式；如果再把同位元素加上去，還可以有更多的樣式。假如這種說法是對的，我們能不能夠任意取去某元子的α質點，或給以α質點，使元子蛻變？例如使鉛變爲鐳，使銅變作金呢？

這種人工造元素的工作，當然非常困難，可是現在居然亦已成功了。但如要把鉛變鐳，需要三個α質點；要把銅（元子序數二十九）變金（元子序數七十九），需要二十五個α質點，在目前還有所不能。倒是由氮（元子序數爲七）變成氟（元子序數爲九），祇需要一個

α質點，而氦又較輕，其核較小，大可以一試。果然一九一七年，盧德福氏試驗成功了，他放出十萬個α質點，轟擊氮元子，其中有一個奏效，這是人類第一次製造元素成功。祇可惜造成的元素，壽命極短，轉瞬即逝。可是盧德福氏之功績，已極偉大，道爾頓後，堪稱為第一個創元子科學之新紀元者。

在盧德福實驗室中，此種工作，繼續進行，一九三〇年以後，又不斷發現正電子和中子，更予研究者以新工具。又因為中子是中和性的，逸出各元子更為自由，用中子轟擊元子，當較α質點更易奏效。上面說過，中子就是質子加電子，今若將中子轟擊某元子，使那元子增加一個中子，中子裏面的質子加入於核內，電子加入於核外電子圈上，那結果不是使該元子的序數加一，成為新的人造元素麼？現在我們知道的自然界元素，其元子序數最高者為九十二，即鈾；如果再以中子轟擊鈾，是否可以得到元子序數為九十三的第九十三號元子呢？意大利科學家番爾米氏（Fermi，今居美）作是項實驗，最近居然成功了。那末將來九十四，九十五號元子將會繼續製造出來，元子數目決不會長留在九十二號上面了。人工之偉大，未來之進步，真不可想像。最近一九三七年科學界又發明了用高電壓（百萬伏特以上）轟擊元子的儀器，盧德福逝世以前所預言的人造放射元素，業已成功。此稿付印之後，不知

又將有多少新發現和新發明問世呢！我們知道一九三七年元子核內又有重電子（mesotron發現，其重量介乎電子和質子之間，負有電荷，非常不穩，善於穿透緊密的固體（如鉛），較之穿透空氣或別的氣體尤甚。元子核內的質子蛻變時，重電子乃分裂爲一電子一中子，這又是一個新的發現。今日世界十年的進步，要遠勝於過去百年，人工駕馭自然之能力，不知增長了多少！盧德福之功績，誠不可磨滅，故逝世之後，英國政府葬之於威士敏寺，和牛頓達爾文諸大科學家並列紀念焉。

結論

道爾頓之元子學說，既爲近代化學之基礎，又爲近代物質觀念之基礎。元子學說成立之後，吾人乃知宇宙間物質，皆由九十二種元素所構成。此九十二種元素之變化性質，成一循環週期性，列成表格，即是所謂週期表。這種事實，使懷疑物質存在，而說萬物皆由吾心所構成的玄學家，再無法開口。

抑又有進於此者，元子學說成立以後，二十世紀初，解剖元子的知識大進，我們現在非但知道元子的存在，並且知道元子的組織。元子內部有核，有電子；核內還有質子，中子，

正電子，負電子等。以前科學家如德國奧斯德紼（Ostwald）曾經堅決否認元子的存在，嘲笑元子學說是空想，這種武斷，至今已不值一提。近代科學的進步，非但證實元子的存在，知道元子的內部組織，還能改變元素，人造元素。這種進步，不能不歸功於英國盧瑟福氏領導的工作。現在擺在科學家前面祇有一個問題，就是如何利用元子裏面蘊藏着的極大的能力？如二三五號鈾一磅中所含能量，相當於五百萬磅或二千五百噸的上等煤。如何利用這種元子能量，以代替笨重的煤和汽油，還要等待科學家們的努力。據說這次世界大戰中，希特勒已令七百多個科學家放棄一切，專心一志研究怎樣在戰爭上利用鈾原子能的方法；現在世界各國，都在爭先恐後地研究，誰又敢說這件偉大艱難之工作，將來不會成功呢！

習題：

（一）道爾頓元子學說，和古希臘的元子學說，有何不同點？

（二）元子序數如何增強週期律的價值？

（三）試以元子構造的知識，解釋鈉和氯化合物之穩固性。

（四）何以用中子轟擊元子，較用α質點更為有效？試詳述之。

第七章 光與輻射

物質是不能脫離運動的。在十九世紀以前，物質科學所研究者，爲一般物質之運動，即所謂力學，此以牛頓之成就爲最偉大。十九世紀以後，元子學說成立，於是物質科學除研究一般物質運動之外，更深入而及於元子電子之運動。於是兩個對立着的問題，即物質和運動，一變而爲不連續的質點（或曰粒子）和連續的波動問題，此問題直至近十餘年來新量子論發展之後，方得到一個解決（見下一章）。

所謂質點和波動問題，首先發生於牛頓時代的光學問題上。那時代對於力學雖成就很大，但是對於光學還是開始萌芽時代；其次亦發生於熱學問題上，牛頓時代熱學亦是發芽時代。其次還有較近代力學發生更早的問題，即磁石及電的現象，久懸而未決，似乎又懸在質點和運動二問題之外。然而物質科學之前進，猶長江大河，匯百川而東至，以上所發生的力，物質、熱、光、電磁等問題，好似上流百川，終久以後，共匯於一條大河，那就是輻射。所謂百川，如力學問題，在手工業和航海時代即已發生，故進步最早；磁石爲航海辨別方向所必需，故問題亦發生很早；十八世紀末葉及十九世紀以來，在產業革命之後，蒸汽機已大量

應用，化學工業又需要知道物質之變化，電氣機又繼蒸汽機而被產業界引用，光學製造業亦隨各種產業而興起，於是熱學，元子研究，電磁學，光學即隨之而興。十九世紀下半紀，電、磁、光、熱、等已呈統一趨勢，成爲輻射問題；至二十世紀更將百般物質界現象，皆納之於質點和波動問題之中。此偉大之江河，其來源至爲紛歧；可知關於自然界之統一現象，人類摸索久之，方得到了一個具體統一觀念。

在本章內，作者卽欲敍述光、熱、電等各方面之探討，是如何起來，以後是如何匯合。

第一節　光

傳說當羅馬艦隊襲擊希臘的時候，希臘的科學家阿基米德氏，曾用一種反光鏡，將太陽光反照到敵人艦隊上面而焚毀之。這種傳說是神話式的，固然不可爲信，但人類利用光的反射，確爲時很早。在歐幾里時代（約紀元前三百年），已有光的反射定律。在中世紀時代，科學文化的發揚地東移而至阿拉伯，阿拉伯人阿爾哈仁（Albazen, 965—1038 A. D.）更研究光之反折現象，他著有光學書，以論列光之投射角反射角及鏡子原理等，並測定投射角

和屈折角的方向，這是科學界中之第一位光學專家。至文藝復興時代，人類思想從宗教束縛中解放出來，葛利略首先利用光之屈折原理，造成望遠鏡，以研究天體星辰。以後亦就是葛利略，他首先對於光之性質，加以科學研究。在葛利略時代，已經知道凡是聲音，若從某地傳達至又一地方，是需要相當時間的，那就是說聲音之傳播是有速率的。聲音既有速率，那末光之傳播有沒有速率呢？這就是葛利略的問題。於是他開始想用實驗方法以尋找光的速度。他利用兩個山頭作一個簡單的試驗，晚上在每個山頭上各站一個人，手中提着燈光，先將燈罩起來，以後甲先除去燈罩，待乙看見甲處燈光之後，亦立即除去燈罩，使甲可以看見乙處之光。於是甲即可以計算由除去燈罩至看見乙處燈光之時間爲多少，此時間應當爲光走過二山頭間距離之來回所需之時間。可是葛利略沒有得到什麼結果，這是當然的，我們試想光在七分之一秒鐘的時間，能够繞地球一週，區區兩個山頭間之距離，其時間之短，可想而知，在那時沒有精確的儀器，如何能觀察得到這樣短的時間呢？

然而葛利略氏的基本觀念是對的，光的傳播是有速率的。不久之後，在一六七五年，婁昧（Roieme）利用天文現象以測量光之速率，用這種方法較之葛利略的方法要好得多了。婁昧氏利用木星衛星之星蝕現象，觀察其星蝕之週期。木星有四個衛星，各衛星繞木星而

轉，皆有一定週期，其中有一個爲每四十二小時繞木星一轉。今當地球離木星最近的時候，在某日某時某刻看到一次星蝕，由此計算之，則過六個月後，當地球距木星最遠時，應當某日某刻又可以看到星蝕。然而觀察的結果，其星蝕時間要遲$16\frac{2}{3}$分鐘，此$16\frac{2}{3}$分鐘必定是光經過木星離地球遠時減去離地球近時其間距離所需要之時間了，此距離卽地球公轉軌道之直徑。以其時間除此離距，卽爲光之速度。用這方法所得到的結果，知道光的速率爲每秒鐘走十八萬六千英里，或爲三十萬公里，於是光有速度，卽成爲公認的事實。（最近邁克遜(Michelson 所測量的結果，爲每秒鐘二九九七九六公里。）

光既是有速度的，那末就一定是一種粒子，當其運行時是沿着直線進行了。這種主張就是粒子學說，或稱曰發射學說(the corpuscle or emission theory)。當時物理學界的權威牛頓氏，卽主張這種學說。他說光卽是一種粒子。當光粒子穿過透明體而達到視網膜的時候，卽產生視覺。當這種光粒子行近某物體的時候，物體對之有兩種影響，一種是引力，又一種是拒力。引力卽發生折射現象，拒力卽發生反射現象。至於光之所有各種顏色，這是因爲光粒子有大小不同所致。這種學說，其利在於能解釋直進現象，例如日光下之樹影子，枝葉分明，顯然光是直進的；其弱點在於解釋折射現象之失敗。例如光穿入某透明物，旣被引力

所吸引，其速度當要增加，而事實上則相反，速度減低。

除粒子學說之外，尙有波動學說，其意思就是說所謂光者，是一種波動。主此說者，爲牛頓同時代之荷蘭人海貝司（Huygens）。海貝司說空中有一種光媒，名曰以太，光之傳播，即有賴於以太作爲傳播媒劑。光在以太中，即以波動方式前進。光到達任何地方之時，首先到達者，即爲波前，波前遇到某物質，乃又作爲新的光源。以此種學說，解釋光之反射和折射現象，甚爲順利；惟當時科學界所認爲不滿意者，即此種學說不能解釋光照某物件後之直射影子。從影子方面看起來，例如日光下樹影之枝葉分明，似乎並沒有光波，如有光波，則影子即不能分明；例如水中船隻前進，水起波動，在船尾後雖爲直線所達不到，但亦有波動，而光的影子就不然。其實這一點責難，仔細觀察之，亦失之過當。水中波紋，在船尾雖亦有波動，然而兩旁仍有直線存在；反之以光而言，影子雖顯出直射現象，在影子旁邊，亦可以看到微光存在。例如剃刀之口，爲一條明確直線，然而刀口影子，决不是十分明確，乃爲一條糢糊直線。故波動之說，在直射影子方面，並不是一個嚴重缺點。

粒子和波動學說，相持一百餘年，未有定論；待十九世紀開始，光學裏找到了干涉和繞射（Interference and diffraction）現象，波動說乃大佔優勢。尤其是各種顏色的光波

，其波長亦漸被確定。

我們知道當白光經過三稜鏡後，即分解而成各種顏色，即所謂光譜，此事實亦爲牛頓所首先發現。但是牛頓的解釋各種色光，爲各種大小不同之光粒子；而波動學說的解釋，却和此不同。波動學說認各種顏色不同的光，是由於波長不同。例如紅光的波長約爲 7000A-u.，一個爲 A. u.（即 Angstrom unit）爲 10^{-8} Cm；而紫光的波長約爲 4500 A. u.。這些事實，業已由實驗證明。所以我們人眼所看得的見的顏色，其波長可列如下：

顏色	紅	橙	黃	綠黃	藍	深藍	紫
波長(A.u.)	6562	6072	5644	5636	4897	4645	4330

光爲波動之事實，既已被確定，於是波動說即完全勝利。但是我們若以爲粒子說完全失敗，此亦未合乎事實。二十世紀以來，有量子論出現，所謂量子即以能力爲單位之粒子；所謂光者乃有光量子，故粒子學說，亦未能拋棄，究竟波動說和粒子說如何並存，此待第四節述量子論時，當再細論之。

第二節 電磁

所謂光者，乃物質界現象之一方面；光學之發展，亦祗是統一的物理學之一條來源。統一的物理學之又一來源，即爲電磁學，所謂電和磁者，乃物質界現象之又一方面也。

電和磁之關係，亦是十九世紀初才找出來的。在十六世紀時代，大家已知道磁石現象，航海時已應用磁針以辨方向；但這種磁石現象，究竟是什麼一回事，是首先是由基爾勃（William Gilbert, 1544—1603）研究明白的。基爾勃較葛利略要長二十四歲，他用實驗方法研究物質現象，亦在葛利略之先；惟當時在科學界的影響沒有葛利略那麼遠大，故在科學史上亦沒有葛利略那麼著名。其實他所研究的磁學，其重要性並不下於葛利略所研究的力學；並且所謂光學力學電磁學，終久亦殊途同歸。（見後）

基爾勃爲英國皇后依麗沙白之御醫，業餘之暇，即要作磁石之試驗工作，他著有磁學一書，在一六〇〇年出版。晚年曾取大小適中之磁石，鏇成球狀，成爲磁球。在磁球上面，放一顆鐵針，鐵針即左右旋動，最後乃停在一個方向上面。既停之後，乃用粉筆在球上畫了所指方向之線，如是將針放在好幾個地方之後，都一一記下線來，於是每條線都成爲磁球之子

午線；子午線又在兩極交叉，交叉處就是南北二極。基爾勃說，這個磁球就代表地球，換言之地球就是一個大磁球。今若將此磁球放在木盒內，將木盒放入水中，磁球之南極即指向地球之北極，磁球之北極即指向地球之南極。這是因爲地球之磁性關係。

古代希臘航海，常以北斗星爲方向之指標；待中國發明之指南針傳入歐洲後，航海家駕一葉扁舟，在汪洋中即能辨認方向。然而用之雖久，祗知其然而不知其所以然，待勃爾基給以解釋之後，大家方恍然大悟。當時其名大噪，尤其是地球磁性學說，甚至天文學家克浦勒以磁性學說解釋天體之運行，至牛頓方改而爲萬有引力學說。至二十世紀之後，物理學家如愛因斯坦又復將磁性和萬有引力學說統一於場力學說之下。

至十八世紀，關於電和磁方面實驗知識漸增，葛萊氏（Stephen Gray）首先發現金屬是傳電的，繼之而發現電有正負二極。非但電有二極，並且二極間之電力，和距離成反平方比例，磁石二極間之力量亦是如此，其法則和牛頓之萬有引力法則相同。實驗測量，由科崙（Coulomb）工作成功，數學家博松(Poisson)等，更將萬有引力學說，應用之於電學方面，由此電力學有一個數學基礎。在電學史上有名的葛凡尼(Galvani)伏爾脫(Volta)等，皆在此時期內成就其新發現。

但是商至十八世紀終了，電和磁的關係，始終沒有徹認識清楚。至一八二〇年，丹麥科本赫根（Copenhagen）的歐世德（Oersted）才找出來電流對於磁性之影響，於是電和磁的關係乃確定了、歐世德所找出來的事實，爲任何電導體，一旦有電流通過之後，卽發生磁場。當時巴黎安培氏（Ampere）一聽到這個消息，卽開始作電流單位之測量工作，而成立安培單位。於是電力學乃獲得數量的基礎。

歐世德的驚人發現，在法國引起了安培的貢獻，在英國亦影響於一位新進電磁學大師，那就是法拉第(Faraday)。法拉第氏原任化學家德裴(Davy)的助手，因爲聽見了歐世德的新發現，其興趣乃轉移於電磁學方面，以後他終生從事於電磁學之研究，在電磁學方面，充分發揮了他的天才。他最有名的發現，莫過於電磁感應現象；由電磁感應而產生感應電流，此卽近代發電機之基本原理。因爲有近代發電機，於是電爲人類所引用，產生近代文明，追究其理論基礎，卽法拉第之所賜。（美國亨利氏（Joseph Henry）亦同時發現此事實。）故十九世紀爲電磁學大光明時代，其對於近代文明之影響，至今猶方興未艾。

自從吉爾勃至法拉第，其間有二百幾十年，人類對於電磁學的知識，已增加很多；但是以眞正電磁學的新發展而言，還祇是萌芽時代。至十九世紀下半紀，馬克思威（Clarke m-

-axwell）用數學理論證明電磁波即光波之後，在物理學界即引起了偉大的電磁學和光學之統一，這才是新電磁學之光明時代。

馬克思威是一位數學家，長於理論，然而對於法雷第在電學方面的天才實驗以及獨到見解，非常悅服。馬氏自己有心於發展理論電磁學，但是他在開始研究以前，先很透澈地讀過了法拉第之「實驗的研究」一書，以後才着手用數學推演之。所以在馬氏胸中，先透澈明瞭了一切電磁現象。於是用數學的推演方法，證明電磁波動和光波，實在是一而二二而一，二者在空中傳播速度是相等的，換言之是同一件事，這就是有名的光之電磁學說。

光之電磁學說發表後，約過了二十年（一八八六年），德國物理學家赫芝（Hertz）用實驗證明了馬克思威的預言，光波和電磁波確是一件事，祇波長有長短不同，此時馬克思威雖已逝世，其學說乃成爲事實，不僅是一種學說了。赫芝所證明者，有三要點：第一、電磁波和光波相同，亦有反射現象；第二、電磁波和光波相同，有折射現象；第三、電磁波的傳播速率，和光波相同，爲每秒鐘三十萬公里，祇波長極長，有五公尺，而普通所見之光，其光波較電磁波要短百萬倍。此種驚人發現，開近代科學之新紀元，因爲先有赫芝波之發現，方有近代無線電之發明。二十世紀有無線電之發明，使十九世紀人驟見之，將驚嘆而疑爲

神化；飲水思源，乃爲馬克思威之理論和赫芝之實驗結果所賜。

在文藝復興之後，十七世紀初葉，光學力學和電磁學，本來是獨立發展；當時誰亦不會料想到過了一百餘年後，牛頓萬有引力學說中之反平方比例法則，亦在磁學中發見；更不會料想到二百餘年後，物理學家發見了電磁波即光波。可見自然界本爲一體。科侖的反平方比例法則未發見以前，自然界磁力的法則先已存在；歐世德未發現電和磁的關係以前，自然界的電磁關係亦已存在；即馬克思威赫芝未發見電磁波即光波以前，自然界的電磁波和光波之關係亦是客觀存在的。但是人類因爲天賦感覺及知覺能力有限，並不能立刻認識自然界這些現象，必待耐心摸索，而後將摸索所得，累積起來，終久達到了認識物質運動法則之一日。其表現於科學知識者，即由分歧而統一，光學力學電磁學，由十七世紀之分歧而至十九世紀末之統一，即爲極好的一個例子。

既發現了電磁波即光波，此事實對於光之波動說爲有力之證據。在十七十八世紀中和光之波動說相對立者，爲光之質點或粒子說，然則粒子說爲完全失敗麼？我們在上一節終了時，會提到粒子說並不能完全被否認，此點尚待在第四節論量子時再說明；但是在電學裏面，十九世紀末找到波動現象，二十世紀初即找到粒子現象　那就是湯姆生氏(J. J. Thom-

-son）所發現的電子。所謂電子，是電流中帶着負電荷的粒子　其質量約為氫元子之一八四〇分之一，其電荷為 1.591×10^{-2} 電磁單位，其半徑約為 29×10^{-13} Cm　完全是一個客觀存在的粒子。所以在電磁學裏面，並不曾發生波動學說和粒子學說，乃在事實方面先找到了波動現象和粒子現象；此波動和粒子的事實　不容雙方對立，而祇是並存。我們瞭解此事實之後　對於光之波動和粒子「學說」並存不悖，即可以不必認為驚奇了。

第三節　熱

同樣在熱學裏面　亦有類似波動說和粒子說者　不過形式不同，那就是惟質說和惟動說其實在基本上還是要歸原到波動說和粒子說，此待下面再給以說明。

近代自然科學之發創，當溯之於文藝復興時代，尤其是牛頓時代；所以不但力學光學電磁學要溯之於牛頓時代，即熱學亦要從牛頓時代說起。在牛頓時代，對於熱的解釋，當時有惟質說和惟動說兩種說法，其勢力不相上下。至十九世紀上半紀，經過德裴崙福朱爾諸人用實驗方法研究之後，惟動說即大佔優勢，待海姆霍滋等完成熱力學第一條定律之後，熱力和機械等一切能力統一了，惟動說更是千真萬確，似乎惟質說已無立足餘地。

所謂惟動說，意思就是熱之機械學說（Mechanical Theory of Heat）。此所謂機械，即指機械運動之能力而言。自從熱之機械學說成立之後，十九世紀中科學界有二個重要發展，第一個爲道爾頓元子學說，使物質元素問題由地水風火說而至於宇宙間九十二元素之發現（當時已發現八十來種）；第二個爲電磁波動以至於電子之發現，使物質單位由元子更縮小而至於電子；第三爲光學內的波動說已確立而粒子說失勢。十九世紀內這三種科學上的新發展，都影響於熱學方面。使熱之機械學說已不如以前那麼簡單，以至於引到二十世紀之量子論上面來。

首先試述元子學說對於熱學之影響。元子學說成立之後，我們知道物質的單位是分子，分子的單位是元子。以普通物質存在之單位而言，可以分子爲代表。這種分子，在固體液體裏面，遠不如氣體裏面那麼活動。當氣體因受熱而澎漲的時候，其活動程度更增加，換言之即分子的能力增加，此即是物質之內部能力增加，而表現於壓力和容量，如包棄兒法則所表示者。然則所謂熱即能力，意思就是說即分子能力；更進而言之，亦即是元子能力。於是熱之機械學說，更爲具體而顯明了。

所謂熱和電子的關係，經過上述第二種發展，即電子發現後，更爲信然。在十九世紀初

（一八二二年）謝貝（Seebeck）曾發現一種現象，即用兩種不同的金屬線，如銅絲和鐵絲，使之互相銜接，若對於銅絲加熱，使銅絲鐵絲接觸地方有溫度差異，於是即發生電勢差異，此即所謂謝貝氏效應。而近代熱電偶（Thermocouple）之裝置，即根據於此原理。至一八八三年，美國愛迭生（Edison）更發現在真空燈泡內，若置一金屬片，金屬片再連接至電流計，即可測出電流經過燈泡時金屬片上發生有負電荷，此即所謂愛迭生氏效應。至十九世紀末年湯姆生發現電子之後，在二十世紀初李查澄（Richardson）方證明此種負電荷是由於燈泡內燈絲發熱時射出熱游子（thermoion）所致。自熱游子發現之後，無線電方利用此種效應以檢探電波。所謂熱游子，即金屬線發熱後所放射出來的電子（負電荷）。於是所謂熱即分子或元子活動及能力者，更進而成為熱即電子之活動和能力了。

最後一種新發展，即科學界已經知道了電磁波即光波，不過波長較能見之光要長，所以我們眼睛所看不見。但是當金屬物燒熱的時候，亦能發光，然則熱是不是一種光波呢？據現在我們所知道熱是一種光波，是較紅外線波長更長的光波。照這樣研究的結果，原來所謂光、熱、電，都是性質相同的波動，祇是波長不同，總稱之曰輻射（radiation）若列表以示之，可得到下列的表：

輻射性質	波長範圍
宇宙線	0.00032—0.00053 A.u.
待考者	0.00053—0.01 A.u.
γ射線	0.01—1.4 A.u.
X射綫	0.1—750 A.u.
紫外線	136—4000 A.u.
可見之光綫	4000—7800 A.u.
紅外線—熱射線	7800—0.03 C.
無線電波	0.02cm.以上

這個表就告訴我們說，自宇宙線以至於γ射線X射線光熱無線電波，都是波長不同的輻射線。於是我們要更進一步研究，究竟所謂輻射者，是自然界的怎樣一種現象？

第四節　輻射與量子

所謂輻射，十九世紀的科學家亦曾注意及此，例如他們說物質界有三種輻射，一為熱輻射，二為光輻射，三為化合作用的輻射（actinic radiation）。熱輻射產生熱，亦即紅外線；光輻射產生我們所能見的光；化合作用輻射產生化學作用，亦即指紫及紫外線而言。以其物理性質而言，這三種輻射都是由以太所傳遞的波動。

現在我們所知道的輻射，其種類更多，範圍更大，

如上表所列。每種輻射，落在某物體上，即有三種現象：第一種爲反射現象，第一種爲吸收現象，第三種爲透過該物體現象。究竟反射多少 吸收多少，透過多少：要視該輻射之波長及該物體之性質而定。假使某種輻射，射於某物體之上，又在同一溫度之下，則該物體之反射能率和吸收能率，因各種物體而有不同。簡單說起來，照我們日常的經驗，白的物體，其反射能率大於吸收能率，而黑的物體，則吸收能率大於反射能率。所以我們夏天多穿白衣服，使日光的熱多反射出去少吸收進來，以免身體過分受熱；反之在冬天多穿黑色（或深顏色）衣服，使多吸收日光的熱，以增加體溫。假使我們在夏天穿黑色衣服在冬天穿白色衣服，則必定會感受到冬涼夏熱。現在物理學家研究輻射現象，往往利用能完全吸收輻射之物體，那就是黑色物體，例如煙炭、氧化銅之類，於是理想上吸收能率最大者，即稱之曰完全黑體。

但是任何物體，不但有吸收能率，並且有發射能率(emissivity)；所謂發射能率，其所發射者，常以能量計算之。例如某物體面上一個單位面積，在一秒鐘內，能發射多少能量，這就是該物體的發射能率。上面所說的完全黑體，非但吸收能率最大，即發射能率亦是最大。發射能率既可以達到最大限度，故可以利用之以研究其所發射各種光波中各波長之能量分配情形。

我們知道任何物體，如一塊鐵，當溫度增高的時候，其面上卽發射出各種顏色，如由冷而熱時，其顏色由紅而黃而白，最熱時爲藍白色；由熱而冷時，其顏色由白而黃而紅而黑。所謂各種顏色，就是各種波長，故波長，溫度有一定的關係。當其發射一種波長時，卽有一定的發射能率，於是在溫度、發射波長和發射能率三者之間，應當有一定關係。當尋求此三者之間的關係的時候，科學家得到了兩種公式，一種曰未英公式（Wien's formula），此種公式祇能應用於波長較短之區域內，而不適用於波長較長之區域內；又一種曰芮雷琴斯公式(Rayleigh-Jeans)，此種公式祇能應用於波長較長之區域內，而不能適用於波長較短之區域內。欲求兼二者之長而去二者之短，乃不可得焉。結果於二十世紀開始時（一九〇〇年），德國蒲朗克氏(M. Planck)得到了一個公式，可以彌補此缺點。但是在蒲朗克公式裏面，增加了一個新的假設，那就是量子(quantum)，這就是量子學說之誕生。有了量子假設，於是物體在各種溫度下發射各光波中之能量分配，其間關係，方始瞭然。

但是問題是量子究竟是什麼一回事？當時各物理學家，都認爲非常奇突而不合理。因爲蒲朗克所假設之量子，是物體發射各種輻射（包括光線）時其能量之一個最小單位，當發射時，由此種無數量子，源源而出，其重要特性，爲能量是不連續的。若輻射爲光，此量子亦

可稱爲光量子(photon)，故每一種光線，即由許多小粒子式的光量子所組成。當物體發射光波的時候，並不是流出一串水似的，而是機關槍放射子彈式的，一粒接着一粒，此一個粒子，即爲一個量子。蒲朗克並求出量子(q)之值，爲$h\nu$，h代表蒲朗克氏常數，即爲6.56×10^{-27} erg-sec（爾格—秒），ν即爲輻射之頻率(frequency)。然而這種說法，根本和十九世紀末所已證實的光即波動學說相逕庭。

在十九世紀後半葉，科學界已陸續證明光波即電磁波，即以太中之波動，熱亦是一種波動，光、電、熱總稱爲輻射線，已如上節所說，這是千眞萬確，决無疑問；然而波動必須是繼續的，而量子是不繼續的。自從光之波動說證實以後，以前光之粒子說正被拋棄了，今蒲朗克忽然又提起光量子的假設，使粒子說又復活。在此二者之中，粒子和波動，二者必須有所取捨。波動說既爲可取，何以還要再取粒子說，此當時物理學家之所以視量子說爲奇突而不合理。

但是人們的推理能力，究竟免不了主觀的缺陷，最重要者，還是要從客觀事實方面，尋找證明，以視察推理的結果，是否可靠。例如我們以爲量子學說爲不合理，假使客觀事實告訴我們說是合理的，我們就不得不承認其眞實性；我們以爲不連續的粒子和連續的波動是不

能並立的，假使我們得到新的事實，足以說明二者可以並立的，我們就不得不承認其能並立的，同時我們就知道其合理性尙待起用更進一步的推理能力以認識之。量子學說應用於各種幅射波長之能量分配，是非常合適，這是一種有力的證據；是否還有在其他方面亦應用合適呢？

有的！愛因斯坦曾應用之以解釋光電效應，亦非常成功。所謂光電效應，即是金屬物受光之射照後所射出之電子，此種電子，即所謂光電子(photo-electron)。近代文明各國已利用光電效應，製成各種設備，例如門外設光一條，照着屋內電池，有人走過，將光遮着，屋內電池所聯着的電鈴即響起來，如在深夜，即可以防盜賊，這就是很好的一種警鈴裝置。在理論方面，此種效應，經愛因斯坦利用量子學說以解釋之後，方開始被澈底瞭解，此為量子學說最成功之一點。此外如我們波爾元子構造模型學說，亦有賴於量子假定。量子學說既在多方面成功了，於是量子之客觀存在，是沒有問題了。

波動學說既是千眞萬確的，量子學說亦是千眞萬確的，那末問題就是連續的波動和不連續的粒子，如何方可以並立呢？這個問題在二十世紀開始二十餘年內，都不得解決；待至近十餘年來，新量子論出現以後，方得到一個解決。所謂新量子論，我們待在下一章內再給以

總結

自然界本來祇是一個，客觀物質的各種運動亦本來是統一的●物質界和人類不斷發生休戚關係，我們乃開始注意其各種現象，例如物質元素問題，運動能力問題。此外還有光的問題，電的問題，熱的問題等。這些問題，都不過是同一個自然界物質運動之各方面●

最初我們在各方面摸索，如十七世紀物理學家的工作即是；過了二三百年之後，逐漸趨向於同一條路上來了，知道光電熱都是輻射了，不過光波最短，熱波次之，電磁波最長。這種殊途同歸的結果，並不是人們的揉作，而是科學知識的必然趨勢；並不是人們故意要統一之，乃是客觀事實本身是統一的。

光電熱既同是輻射，十七世紀以來所存在的光的波動說和質點說，亦應當在電磁學熱學內發生之。在熱學內曾發生過惟動說和惟質說，亦相當於光之波動說和質點說。電磁學內在歷史上尙未發生類似惟動或惟質的學說，但十九世紀末葉，不期然地電磁波動和電子質點皆陸續發現了。所以我們亦可以這麼說，即波動說和質點說首先在電磁學內統一了。

因爲在光學歷史上波動說和粒子說是勢不兩立，於是自從發現光電熱都是波動之後，粒子說已無立足餘地。然而二十世紀開始，在熱學裏面卽首先發現粒子之存在（量子），致有利於粒子學說。於是粒子學說和波動學說二者如何並存，要待近十餘年來方得解決，這就是新量子論。所以新量子論和相對論相同，在物理學界可以說是起了一個重大的思想革命。

習題

（一）試比較牛頓時代光之波動說和粒子說之得失。

（二）電和磁的關係，當初是如何發現的？

（三）試述光電磁熱輻射之異同點。

（四）何謂量子？

第八章　新量子論

我們知道近代物理學有兩個大革命，一個是相對論，又一個是新量子論。我們在本章內就要討論新量子論。

相對論改革了我們的時空觀念，新量子論改革了我們的物質觀念。第六章內說到物質的最後組織時，達到了元子，電子，和元子核心。這些說明，不是給我們一個很明確的印象麼？何以還有物質觀念的革命呢？原來這種革命，就是由量子論所引起　在第七章內提及了電光熱之統一，說是電光和熱都是一種輻射；由於輻射研究的結果，乃引起了蒲朗克氏之量子論，這就是量子論之由來。然而量子論本身，就是和波動說勢不兩立的一種說法。這個問題，是始終沒有解決的問題。二十世紀三十年代，量子論本身起了革命，粒子說和波動說二者又並存了，甚至於牽涉到根本的因果律了。這是由極微小之宇宙科學研究而擾亂了整個人類思想。究竟新量子論是怎樣說法呢？

第一節　活動的元子

物理學內談到量子，不但使非物理學家頭痛，卽物理學家亦感到頭痛。非物理學家感覺到好好的外界，很容易明白的，物理學家偏偏造些古怪的名辭，使易懂的物界弄得非常難懂。物理學家的痛苦，尤其是啞子吃黃連，有說不出的苦，要解決一個難題，得到了一個新概念；新概念却往往成功了一半，又失敗了一半，甚至於可以使已知者變成不知，正像拿上一副七巧板，放正了五巧，又撥斜了其餘二巧。物理學家自己對於自己懷疑起來，究竟怎樣才能找到物質的道理？

其中最大的困難，莫過於量子了。上一章說過，所謂量子是一個能力的最小實在物（不是任意設置的單位），物理學內常用$h\nu$代表之，ν為波動頻率，h為蒲朗克常數，等於6.55×10^{-27} ergs-second，或最具體寫起來，卽為

0.0000000000000000000000000000655 ergs—seconds（爾格—秒）所以h是一個極小的絕對實在物。歐格是能力的單位，秒是時間單位，所以量子的常數(h)為極小的能力乘時間。這個實在物和我們實際經驗上所談的能力很不相同。譬如我們說一輛汽車的機器有

多少馬力，這個馬力是能力除時間。馬力這個名字，是由瓦脫所發明，因為他發明了蒸汽機，要表示他的一部蒸汽機可以抵得過多少匹馬起見，所以用馬力表示之。一匹馬力就是能夠在一分鐘之內將一千磅重物體舉高至三十三英尺，或稱曰三萬三千尺磅。現在說這部機器有多少馬力，就是說在一分鐘之內能舉起幾個三萬三千尺磅。這是能力被時間所除。而量子却是能力被時間所乘。

我們要瞭解這一點，必須瞭解時空四次元的意義。能力是空間的，是三次元的；能力時間就是四次元了，這是代表一種時空中的活動，是一個活動的絕對單位。比如說重慶市有五十萬人的人事活動；在民國三十年至四十年間，則有五百萬人年的人事活動了。這就是四次元的單位，即人年。那末我們要說四次元單位的活動，亦就得用能力時間單位，亦即是歐格秒了。所以歐格秒，就是四次元中的活動單位。

歐格秒活動單位或量子，是在四次元時空學說成立之前所發現的絕對量，亦就是在相對論學說通行以前物理學家所找到的一個絕對量。這個絕對量，亦可以說是一種活動的元子。所謂活動（action），如上面所說，包含了兩個成分，一個是歐格（能力）一個是秒（時間）。自然界最小物質單位是電子，電子的活動是有能力的，但是沒有時間性。有時間性的能

力，有如光波。光波是一種輻射，有能力的，同時是有時間性的，例如鈉元子的黃光，光波時間性為一秒鐘五千一百萬萬次週期，在一個週期內波長580ÅÅ，那麼能力的單位是怎樣的呢？假使鈉元子內，是繼續不斷地射出黃光來，那末我們雖知道了週期，還是無從知道其能力。然而鈉子是間斷地射出黃光來，射出了一些光之後，就停止了，待再刺激之後方纔再射出來。每次射出來有3.4×10^{-12}歐格，時間為1.9×10^{-15}秒。於是有能力，有時間了，所以求出其絕對單位為6.55×10^{-27}歐格秒，這就是量子常數h的絕對量了。這絕對量是四次元了，並且由其他元子所求出來者，如氫、鈣、或任何其他元子，都是如此。甚至於X光線，δ放射線，以及其他輻射亦是如此。所以h就成為一種相對論發現以前的時空絕對量，是一種活動的元子。這不是物質元子；因為物質元子是在空間活動的，而活動元子是在時空的。宇宙間有九十二個元子，但是祇有一個活動元子，那就是量子。

電子應當是一束能力個體，然而在電子內找不到量子，我們祇能在光波內找到量子之存在。所以量子永沒有空間的集合，而是跳過空間的。這是非常有趣的一回事，同時亦是非常費解的一回事。

然而我們所看見的光是連續的，並不是間斷的。這是因為我們不能看得太細。取一個皮

球，我們用手去按之，皮球被壓扁了，我們感覺到壓力慢慢地增加了。壓力增加是什麼意思？若依據於氣體分子運動學說，則壓力增加是由於皮球內氣體分子撞擊次數增加了。氣體分子之撞擊，是間斷的而不是連續的。假使氣體分子很少，例如一二個，我們可以感覺到分子若手掌內跳蚤式的，一撞一撞，是不連續的；或是我們感覺非常靈敏，神經傳達刺激非常快，我們亦可以感覺到不連續的撞擊。然而氣體分子既多，神經感覺的靈敏程度又是有限，所以不連續者覺得是連續了。我們看光是連續的，亦就是因為光內量子太多之故。

光是有能力的。這種能力，必定會達到一個能力分散的平衡。但是要能達到平衡，必須有一個絕對單位。譬如我們有十張紙，要撕而分之，若祇能各撕分為二，則撕分二十張紙之後，又可以撕分為四十張紙。今若可以永遠撕分下去以至無窮盡，則可以永遠撕分下去，達不到一個終點。我們若知道可以達到一個終點的，則必定須有一個最後絕對單位。能力的分散亦是如此。所以能力分散既有一個平衡，亦即所謂最後終點，則必須有一個最後絕對單位，這個單位就是量子，亦就是我們所說的活動元子。

所以活動元子——即量子——是能力分散的最小絕對單位，在空間是不連合的，而是跳過空間的。

這樣一個單位，怎樣在時空中出現呢？

設若從空中某星上放出光來，從干涉現象及繞射現象，知道是以太的波動，這是沒有疑問了。當光波散出來的時候，就帶着波的頻率和能力。頻率是不會變的，但是能力四散成許多大圓圈。經過若干時間之後，達到地球了，觸及我的眼簾了，於是我看見該星了。光和我視網膜相遇，就引起了化學作用，於是有光的感覺。但是接觸的時候，一定是整數的量子，否則就不能進入視網膜上元子而起作用。量子是有時—性的，那就是說，一個光進到網膜的時候，亦許在一忽兒之間，每個視網膜元子祇接觸了百萬分之一的量子。那末現在量子和元子的關係究竟是怎麼一回事？現在物理學家告訴我們一個很奇怪的現象，這個元子並不收留這百萬分之一的量子，却是量子積成一整個之後，在百萬個元子中，有一個元子收留了這整個的量子了。所以百萬個視網膜元子，每一個元子有百萬分之一的機會，接收一個量子；而不是每個元子接收百萬分之一的量子。所以說量子有時空，乃是時空不分的一個絕對量。

光的波動說告訴我們，整個光波前 (The whole wave-front) 都是能力。這個全面整齊的能力，照上面這樣說法，是整齊的能力機會了。假使舊物理學的說法是對的，即能力為工

作能量，那末上面一句話的意思，亦就是整個波前帶着整齊的工作機會了。所以波動說即成為機會播送說，研究波動即成為研究機會播送了。而這個機會是屬於整個量子的。

這就是量子在時空中之出現。

第二節　電子的規道

我們在第六章內，已經講過了元子的組織。我們說一個元子好像是一個太陽系，元子核是太陽，圍繞着核轉的電子，就好比是太陽系的行星，如地球之類。不過在太陽系中，各行星的規道，其大小距離是不一定的，其橢圓形規道的中心亦可以不在一起；然而元子組織內之各電子規道的「相距」是一律的，規道的形狀亦是一律的。其規道「距離」總是等於整數的量子，即若干h，不能是h之一部分。

當波動能力進入元子(或走出元子)的時候，其數量和頻率，必須等於h。其內部排列，可以兩個h三個h四個h等，可是不能有幾分之幾的h。所以假使一個元子核有二三個電子規道圍繞着轉，則各個規道的「距離」，都是整個h的倍數。這些倍數，即所謂量子數(Quautum numbers)，其規道之名稱，即為一個量子規道，二個量子規道等。此外我們還

要知道，元子內的電子，可從一個規道內跳躍至又一個規道，其所跳過不同的規道，亦就是整個量子規道，例如從一量子規道跳至二量子規道等是。所以從量子學說即可以構成了元子組織的活動模型。

我必須說明，上面所說的各整個h'電子規道之「相距」或「距離」，這個空間觀念，祇是借來的，事實上是電子動量乘軌道圓周之積，而不是各電子軌道間之「距離」。所以各種整數量子之規道，是量子數整整不同之規道，而不是半徑大小不同之規道；換言之，亦可以說能力大小不同之規道。不過假使我們一定要一個具體印像，則大致是可以用規道之距離代表之。

利用這種量子數觀念以構成元子構造之模型者，就是波爾的元子學說。根據於這種說法，則元子常在改變狀態之中，其改變的方法，就是電子由某量子規道跳至又一規道。當一個元子吸收光線或放射光線的時候，即發生這種跳躍。當一個電子由高量子數規道跳躍至低量子數規道的時候，多餘的能力，就必須被放射而出。其能力是固定的，問題就在決定表現於什麼以太波動頻率了。其頻率是如下決定的，即能力乘頻率必須等於量子。這一點是有實驗證據的。

現在量子是已有實驗證據了。可是在同一個元子模型學說之下，計算元子內量子在規道上運行時的能力，却是由古典電動力學法則去計算的。既用古典物理學的法則計算量子運行的能力，則電子之由一規道跳躍至又一規道，以及光之吸收和放射等，亦必須符合於舊物理學內法則。例如根據於古典學說之輻射律（Kirchoff's law of radiation），一切物體表面上各處，在同一溫度之下，放射能力和吸收能力之比例，總是相等的。既是各處相等，則元子吸收光後，又如何能如量子學說所說的，可以跳出電子來呢？又根據於古典學說，光可以經過靈視體(Lens)而集中於一個焦點，以納入光電池(The photo-electric cell)內，决不是如量子論所說的，量子是散開的，不能集中於光電池。這樣看起來，我們若要用古典學說，即不能採納量子論；要採納量子論，即不能再用古典學說。

現在事實上在解釋元子組織時，既採用了量子論，又容納了古典學說。究竟實驗上告訴我們是怎樣呢？實驗却告訴我們確是可以這麼辦的。例如我們用一個很大的望遠鏡，將很遠某星的光用靈視體集中於一個焦點，收納於光電池之鈉照片上；光可以集中於光電池，是有賴於古典學說之解釋；而從鈉照片上可以抽出電子以集之於靜電計(Electrometer)，這是有賴於量子學說。結果不相容的古典學說和量子學說，同時在一個實驗中可以並存。這就成爲

天下之奇事。英國物理學家布拉克爵士(Sir William Bragg)說，星期一星期三星期五則用古典學說，星期二星期四星期六則用量子論，這句話似乎有點滑稽，其實亦並沒有言之過份，因爲實際上物理學就成了這麼一種情形。

古典學說和量子論，既是互相衝突，而又不得不兩用，我們就必得想一個法子，使二者都能包容在內。於是就有波爾的相稱原理(Rohr's Principle of Correspondence)。這個原理告訴我們說：古典法則，是講多量子數的；至於少數或單量子的時候即不能適用，而用量子法則了。這個原理，不久即得到了實驗證明。

例如元子都有電子圍繞着核轉，成許多圓形規道。假如規道是高次量子數的，這就是說離核很遠，這就是我們的星期一星期三星期五了，是由古典法則來支配活動的。這意思就是說有很微弱的放射能力在散出來，並且是連續的，其能力是決定於運動的增加速率（Acceleration)和符合於本身繞轉週期的週期。其能力既是逐漸由放射而消失，於是電子的規道，就逐漸旋轉而近核了。到某種程度，就臨到星期二星期四星期六了，由量子法則來支配了，於是電子就會從一個規道跳至又一個規道。這好比什麼呢？好比星期一我由滑梯下樓，星期二由梯級下樓，梯階若爲無數極微小之階級而成，則階級愈小，即愈接近於滑梯，故

二者雖不同，其實是相同的。故電子或螺旋而轉，或跳躍而轉，其實是一樣的，二者不同，祇在量子數字上面。

這樣看起來，量子法則較為精細；祇有量子數目很大的時候，古典法則方近乎眞理 因此我們若要找出一個基本法則，以概括量子法則和古典法則，還得要從量子法則入手。因此就引起了近代的新量子論。

第三節　新量子論

新量子論既發展之後，主要的發見，就是物質構造，非粒子又是粒子，非波動又是波動，乃是粒子兼波動，所以取一個新名詞，即為「波粒」(a wavicle)，這眞是很有趣的一件事。

我們在第七章內曾講到光之粒子說和波動說，至十九世紀似乎波動說佔優勢了，至二十世紀初又開始徬徨。以前牛頓說是粒子，海艮司說是波動，二者都有事實為證。量子說是一種粒子說，自量子說成立以後，粒子說似較為有勢了。但是新量子論則兼粒子波動二者而並用之。這是怎麼講呢？

當光經過一個很小裂縫的時候，就有繞射現象。例如光經過一個刀口，刀口是成一條直線的，所以影子的明暗界限應當非常明；但是經過刀口而映在牆上的時候，牆上的影子並不成一條直線，而是模糊的，沒有一個明暗分明的界限；這些模糊的影子，就是光繞過刀口而射至牆上所致，亦即是一種繞射現象。今若取兩個刀片，對立起來，作成很小的裂縫，再讓光透過此裂縫，並可以得到各種彩色的光。這種繞射現象，就是波動學說之有力證據。

德波格利(DeBroglie)說，電子——物質之最小單位——不祇是一個質點，並且是一種波動，所以電子就是一種「波粒」。爲證明此說，我們必得要找出其繞射現象，並且由繞射現象可以計量其波長。這種很新奇的說法，居然得到了許多事實證明。

亦差不多在這個時候，波爾的元子模型學說，正爲鬧得不可開交。根據於波爾學說，元子好比一個太陽系，核在中間，電子圍繞着核轉，其繞轉的規道，是爲量子h的整數。當我們看元子光譜的時候，光譜上面有光帶，這些光帶(Spectral lines)的分類，應當和電子所跳躍的各規道分類相符合。所以每條光帶，都相當於模型內某個規道跳躍。這個事實，大致尚能證實。但是愈研究到細緻地方，愈找出有許多事實與理論不符。這一點很使模型學說爲難了。

從這些事實，即(一)古典學說和量子學說之不能並立，(二)電子之波動現象，(三)光譜事實之和元子模型說不能符合等，都不得不需要新的量子學說為之解釋。

於是在一九二五年，海森堡首先提出了一個學說，繼之而起者就有三個方向不同的三種發展，一是博文和趙登 (Born and Jordan)，二是狄拉克 (Dirac)，三是薛斐丁格 (Schrgdinger)。他們都是應用各種的數學方法，而後得到同樣的結論，大有殊途同歸之勢。

首先說海森堡的學說。海森堡用方陣式 (Matrix) 方法，得到了一個很奇怪的方程式如下：

$$QP-PQ=ih/2\pi$$

在這個公式裏面，Q是代表坐標 (Co-ordinates)，P是代表動量，i 是代表虛數口，h代表量子值。i這種虛數，物理學家和工程師們都知道，假使在一個公式內出現，就是代表有振動的意思，亦即是說有波動。至於坐標和動量，是代表時空中的事件。今QP—PQ不等於零了，這是很難解釋的。就是在數學方面，其意義亦有各種解釋。博文和趙登說，P是一種行列式，不是一個數量，亦不是許多數量，乃是無窮數數量之排列行式。狄拉克說，P沒有數字的解釋，Q可以說是一種Q數，這意思亦就是說Q不是一個數。而薛斐丁格說，P是一

種數學算子者(operator)。總之，新量子學說，已成爲很特別的數學符號工作了，和我們的日常經驗，已相離很遠了。但是尤其奇怪者，是從符號的工作中，其結果却指示了實際意義。

這種實際意義，目前以薛斐丁格的學說較佔優勢。依照薛氏的說法，我們要想像自然界有下以太(sub—aether)者，其表面上都是無數波紋。波紋的振動，其速率遠超過以太中的光速度，所以是超過我們經驗所能及。我們想像不到個別波紋，祇能感覺到許多波紋之聯合效果。許多波紋滲透在一起，乃形成質點，如電子就是這樣一種質點。這就合聯了波動和質點觀念，而成爲「波粒」了。

下以太的波紋，波長和頻率各不相同，進行的速率亦不相同，其速率並且因各處情形不同而不同。好像溪流之水波，各處小波的大小快慢不同似的。頻率愈短，波長愈短，進行即愈速。下以太波既各處波長和快慢不同，於是有好些地方，在大空中，積成好些中心，例如空氣中之風暴區。在這些地方，就是我們所說的粒子或質點，其頻率即是我們所說的能力。從這樣解釋起來，於是在量子法則內所講的頻率和能力的關係就可以瞭然了。

用薛斐丁格的方法，研究此風暴區的運動，正得到了古典力學內所講的質點運動公式。

至於古典力學法則所不能解釋者，例如氫元子之射出光來，却亦得到解釋了。此外波爾學說的失敗處，現在用新方法亦解釋出來了。波爾的學說，說電子是有能力的，但不能有兩個能力；若不能有兩個能力，即不能有兩個運行規道。如光譜上所見的光帶那樣。今若用薛婁丁格的說法，電子是下以太中的風暴區，在風暴區是可以有兩種波動頻率的。下以太中兩種波動頻率不同的波動，分則不見，相聚則被我們見到，那就是氫元子所放出來的以太中的光了。用薛婁丁格方法計算起來，所計算的頻率，正和氫元子所放出來的光頻率相符合。非但光譜上各光帶之週期可以計算得出來，即其強度亦能計算出來，這一點尤爲舊量子學說所不及。

這樣看起來，薛婁丁格的新量子力學，是佔絕對優勢了。一個電子既是一個質點，又是一個波動，乃是下以太宇宙中的一個風暴區。電子是物質之最後單位，所以物質是由「波粒」所組成了。

那末我們要問，宇宙間是否在以太世界之外，存在有下以太世界呢？沒有！這又是怎麼講呢？這就是說薛婁丁格所講的下以太，是在數學公式上面的。例如在物質世界裏面，一個電子是佔有三次元，兩個電子亦是佔有三次元；可是在薛婁丁格力學裏面，一個電子佔有三次元，兩個電子就佔有六次元了，這就是在數學公式上面的。

所以薛斐丁格的數學演法，是百般成功了；但是物質世界的究竟事實，還有待於探討。從此亦可以想見，不久的將來，薛斐丁格的力學，還將有新的發展！

第四節　測不準原理

上面所說的新量子力學，是由海森堡所引起的。新量子力學正發展得興高采烈，要用實驗方法測驗的時候，在一九二七年，海森堡又提出了一個驚人的理論，那就是測不準原理(Principle of indeterminancy)。

所謂測不準原理，就是說，任何質點，我們可以確定其位置，或確定其速率，但決不能二者同時確定，在一個時候祇能確定其一。假定我們以達到某種相當準確程度，即爲滿足，那是未始不可；假使要絕對準確，則位置愈準確，速率即愈不準確，或速率愈準確，則位置愈不準確。例如元子內電子的運行速率和位置，我們知道速率很準確了，則位置的決定就不準確了；反之若位置測得很準了，則速率必知道得不準了。這是什麼緣故呢？其理由很簡單，因爲測定位置和速率者，是我們人類。人類測定位置或速率的時候，必需要借助於光量子，光量子常數h就是我們測定位置或速率的限制了。

假如我們用一架很高倍的顯微鏡，測看元子內電子的位置，我們必得要借助於光・而光之最小分散量，就是h。光的量子，遇到電子，即被撞擊。撞擊影響愈小，則位置觀察錯誤愈小。我們最好用能力小的量子。一個量子，能力愈小，即所需的光波愈長。用長光波則顯微鏡下的繞射影子亦愈大，即觀察愈不準確。相反，若要觀察位置準確，即須用短波，而波長愈短，即量子的能力愈大；量子的能力愈大，則和電子的撞擊亦愈烈，因之其動量亦確不定，亦即速率確不定了。

這個原理的影響，就不限於物理學內，而涉及於根本哲學問題，即因果律問題了・

一切科學原理之所以能夠成立，我們是假定其所研究的對象如自然界的運動，有因果律存在的・因為有因果律存在，所以我們可以由因而預定其果，例如今年預言明年有春夏秋冬，以至於明年某日某處有全日蝕等。換言之，自然界運動法則，是測得準的。今若自然界運動法則，成為測不準的，則自然界運動根本有沒有法則？有沒有因果？這不是很大的疑問麼？然則因果律根本就不能成立麼？有許多物理學家，因為無法否認測不準原理，其根本哲學觀念所謂因果律者，就動搖起來。

但是這種動搖，亦祇限於主觀精神上的，或更確切地說起來，祇限於玄學上的・在科學

表面，科學家們仍不斷地努力於追求客觀自然界之運動法則，並且繼續不斷地成功。天文學家仍繼續預言每年的全日蝕時間和地點，並沒有錯誤；甚至元子物理學家仍繼續在追尋元子的組織，元子核的組織，如在第六章所討論者，並且每年有新的進展。所以自然界的物質運動，仍然有因果律的；這些因果律仍然是可以認識的。

我們必須取冷靜的態度，鎮靜的精神，不要被新進步的量子力學所騷動。我們要仔細考察海森堡所說的測不準原理之限度。海森堡的計算方法，用Q代表坐標，用P代表動量，因為坐標變動和動量的變動，不能超過量子常數h，亦即

$$\Delta Q \Delta P = h$$

故從坐標中測定位置，從動量中測定速率，二者不能同時測準。這一點我們不應該任其過於擴大及於整個物理學上的各種測量，更不應該擴大而及於自然界的其他測量。

固然從海森堡的PQ基本觀念所發展的新量子力學，是非常有用，非常有力量，非常能切合於古典力學及量子學說；但是我們並不能說因此就是萬能，無往而不切合自然，或是說已得到了觀察自然界運動法則之萬能鑰匙。其推算結果，得到了不能同時測準位置及速率的說法，我們未始不可以說海森堡量子力學在同時觀察電子的準確位置或準確速率上，是一種

人類觀察自然的主觀技術上失敗。

換言之，這就是說明我們要用海森堡公式，去同時測定電子的位置和速率，就成爲不可能，這句話是對的；但並不能說我們就永遠不能再得到一種方法，可以同時測準位置和速率；更不能說在客觀自然界電子之運行中，位置和速率是沒有因果關係存在的。

數學是人類窺測自然界運動法則的一種推理方法，是人爲的主觀的而不是客觀存在於自然界的。所以用數學的時候，無論巧妙至何種程度，並不能說是自然界的運動法則就在數學符號，推算過程，推算公式及推算結果中完全代表出來。所以我們與其從海森堡的推算結果而氣餒了，還不如認海森堡的推算對於位置和速率之測準是一種失敗而更加勇氣去研究自然。

有人會說，我這種說法，未免太重視因果測得準律而輕視海森堡之量子力學，對於因果律的成見太深，因爲自然界運動有因果的必然性，亦有找不到因果的偶然性。固然，在自然界運動中，必然性和偶然性是同時存在。但是偶然性和必然性，是相對的而不是絕的。自然界一切運動事件，都是在時空中聯繫着的。空間無方向，但是時間是有一個方向的。任何事件既在時空中有一個時間方向，卽有一個先後因果關係存在。當我們明瞭了該事件之因果，

卽成爲我們所說的必然；當我們未明瞭該事件之因果時，卽成爲我們所說的偶然。我們之所以有的已明瞭其因果，有的未明瞭其因果者，是因爲任何事件，在空間中分佈過廣，有待於我們爬梳。所以必然的本質是通過偶然現象而成，而偶然亦就是必然本質的現象。所以因果律是存在的。沒有因果，卽沒有自然界運動，亦沒有自然界運動的法則。並不是我們去造因果，是要我們去找因果；並不是對於因果律的成見，而是因果律爲自然界運動的基本規律。

所以海森堡之位置和速率不能同時測準說法，祇是表示人類對於自然界認識能力之不足，並不是已認識了其測不準；換言之是人類主觀的缺陷，而不是客觀存在之缺陷。我們必須認清主觀和客觀的分別，所以我們應該很鎮靜地反省！

結語

在近代物理學裏面，量子觀念是代表我們對於自然界的一種更透澈的認識。我們認識得愈透澈，卽科學知識愈進步，因之舊物理學內似乎是已完成的系統，就發生許多裂痕了。

例如光的粒子說和波動說，在過去似乎勢不兩立，粒子說佔劣勢了；但是量子的發現，便我們知道粒子說是可以成立的。經過新量子力學的努力，知道粒子是波動之一種特殊情形

，亦是一種必然情形。物質的基本構造如電子，是成為粒子的波動；或說是一「波粒」子。薛要丁格的量子力學，在今日是無疑的得到了最大的成就。

但是薛要丁格的結論，目前仍為數學上的，尚不能從實驗方面證實之。我們所苦者，人類的認識能力是太有限了，尚待人類去努力擴展。這並不是說我們認識能力是祇限於此了。這是非常重要的一點。

海森堡用數學研究的結果，發現了量子本身（一種自然界的絕對單位）給我們一種限制，使我們對於元子內電子的位置及速率，在一個時候祇能測準其一，而不能同時二者都準，於是成立所謂測不準原理，假使我們知識祇限於今日的發展，二者就沒有希望能同時測準了。但是知識能力本身是在發展着，量子知識之後亦許繼之而起者有更細緻的下量子知識。所以我們不能認海森堡之測不準律為最後了。

「吾生也有涯，而知也無涯」，「無涯」就是量子論和近十餘年新量子論迅速發展給我們的教訓，亦就是給我們一種更大的求知勇氣！

習題

（一）量子所代表的單位是什麽？有什麽意義？

(二)量子論和古典力學的不合在什麼地方？配合在什麼地方？

(三)為什麼有產生新量子力學的必要？

(四)薛婁丁格的物質觀和宇宙觀是怎樣的？

(五)何謂海森堡的測不準原理？試批判之？

第九章 生命

宇宙間有兩種物質，一種是有生命的，一種是無生命的。有生命物質組織成分，和無生命物質相同，亦是九十二個元素，祇是經過了特殊方式、配合，乃呈現出生命現象。這種生命現象，似乎應當可以用物理化學原理來解釋之；但是自從十九世紀後半葉以來，經過了許多生物學家的嘗試，迄今雖已有百年的歷史，而生命之謎未解如故。有的人說，今日雖未能完全用理化法則解釋生命活動，但是將來必有一日能達到明朗地步，所以他們堅持理化法則支持着生命，這是機械論的說法；亦有人說，生命現象根本和無生命物質現象不同，永遠不能由理化法則解釋清楚，是別有一種不可捉摸的生機力在主持，這是生機論的說法。究竟孰是孰非？欲解答此問題，我們必須先要考察關於生命活動的一些事實。

第一節 生命特徵

我們首先要考察者，就是生命體究竟有些什麼特徵？換言之生命體究竟由於那些特徵使之和無生命物質相區別？我們認為凡是有生命物體，必須具有下列四種特徵：

第一種特徵是完整性。凡是一個生命體，必定要維持其完整性。最低動物如阿米巴，雖然祇是一個細胞，亦是一個完整個體。假如你割去它的一個僞足，此時阿米巴已失其完整性，但是不久在割去僞足部分，原生質即凝結起來，重新長成細胞的膜，恢復成一個完整的機體。這就是一種再生能力。高等多細胞動物，亦有此種再生能力，例如將蚯蚓分割爲前後二段，不久以後每段皆能長成完好的新蚯蚓；同樣蜥蜴尾巴落去之後，亦能夠重新生長起來。最高等動物如人類，割去一個手臂或手指，固然不能再長出新的手臂或手指，這是因爲機體特殊化程度過高之故；但是皮膚上再若被割去一塊，亦是能再長出新的皮膚的，這亦是再生現象。無生命物質如結晶體，固然亦有一定構造的，和細胞體有一定構造相同，所以赫克爾曾認細胞是由結晶體進化而來；但是結晶體破碎之後，即不能由自己再生，而細胞是能夠的，所以我們說結晶體是無生命的，而細胞體是有生命的。

第二種特徵是感應與反應能力。每個生物機體和環境，隨時隨地都起着交流作用。外界環境有變動，生物機體即能感應之，並且有反應作用。我們可以在顯微鏡下面觀察一個阿米巴，在阿米巴旁邊如果放置一粒麵粉，則阿米巴即伸出僞足來，將這粒麵粉取而食之，這就是阿米巴對於麵粉的感應能力，伸出僞足取而食之亦就是反應能力。但是我們要注意，所謂

感應能力，是有一種選擇作用的，既隨環境刺激之不同而發生不同的反應，亦隨機體本身生理狀態之不同而對於同樣刺激可以有不同的反應。例如你給它一粒麵粉，它取而食之；若給它一滴酸液，它即退而遠之，這是因刺激不同而有不同的反應。又如同樣一粒麵粉，當阿米巴飢餓時乃取而食之，當它不飢餓時則置之不理，這是因機體本身在不同的生理狀態之下，對於同樣的刺激可以有不同的反應。無生命物質如鐘表裏面的發條，用螺絲絞緊，則有彈性的放鬆動作，用手捺緊後，亦是有彈性的放鬆動作；今日旋緊後發生放鬆動作，明日旋緊後亦會發生放鬆動作；所以既不因環境不同而改變其反應動作，亦沒有因本身起什麼變化而有不同反應。當發條起物理性質的變異時，例如鋼條發銹彈性減小，固然反應能力亦減小了，但是彈性既減小後，即永遠減小，而生命體如阿米巴，飽後又復再餓，餓後又會再動，所以生命物質和無生命物質不同。

第三種特徵是消長能力及生長作用。凡是生命機體，都有一個生命過程，即由少而壯以至老死，這就是生長。在這個整個機體生長過程之中，其各部分都起消長作用，隨時在長，亦隨時在消，換言之隨時在生，亦隨時在死。例如一個阿米巴，隨時在取食物，消化之而變成機體之一部分，亦即一部分的原生質；同時亦在排泄廢物，例如除去死的原生質部分，

高等動物亦是如此，隨時由口進食物，亦隨時由尿中排泄廢物。食物進口，經過胃腸消化作用，由腸壁吸收入血液而輸送至全身各器官；血液又接收各器官的廢物，經過腎臟而排出爲尿，如是循環不已，經營其新陳代謝作用。我們往往認生長作用，是由小而大，由少而壯，其實這種生長作用，亦就是代謝作用，不過在生長過程中，因爲長過於消，故機體發展生長；由壯而衰老，表面上雖爲衰退過程，事實上機體內各部分仍有生長作用，不過是消過於長。無生命物質如結晶體，既不能長，亦不能消；成形後決無自己破壞之事，破碎後亦無自己再長之事。

第四種特徵爲繁殖作用。凡是生物個體，皆要求其本身之繁維。下等動物如阿米巴，每個個體生長至相當時期，即自己執行細胞分裂作用，由一而二，這是最簡單的繁殖作用。高等動物則有特殊化的生殖器官，並分別二性，以營繁殖作用，故本身的生命爲有限的，而種族的生命可以維持長久。現在有一種爲顯微鏡所看不見的小生物，名曰過濾毒素，這種毒素，常爲傳染病之媒劑，例如天花麻疹，即由於毒素所傳染。這些毒素既無法窺見，生物學家之所以斷定其爲一種生命物質者，即因其賦有繁殖能力。無生命物質如化合物或結晶體，決不能自己繁殖。

我們判斷一個物質是否是有生命或無生命，即從上面四種特徵之有無而診斷之。

第二節　生命由來

照上面這些生命特徵看來，有生命物質和無生命物質之間，顯然有一條鴻溝爲界。但是我在上面說過，生物組織成分和無生命物質之組織成分相同，那麼無生命物質如何搖身一變而成爲有生命物質呢？

古代中外無數的思想家，皆認生物是從無生命物質中產生的，例如一塊肉放在桌上，過了好些時，即長出蛆來了：一杯水放在一旁，不久之後，在顯微鏡下觀察之，即見有無數的微生物。這些都是事實。但是經過十九世紀斯柏浪塞尼(Spallanzani)和巴斯德(Pasteur)研究之後，知道這些生物，是完全由生物本身所長出，並非由無生物所長出。

例如一塊肉自從由動物身上取來之後，已失其生命，成爲無生命物質，這是對的：那麼怎樣從這塊無生命物質上長出有生命的蛆來呢？斯柏浪塞尼說，此蛆並非由肉所長出，乃是因爲蒼蠅停留在肉上面，放下了蛆的卵，於是由卵長出蛆來。我們若不讓蒼蠅停在肉上，將肉用罩子罩起來，則肉上永不會長出蛆來的。一杯乾淨水亦是如此。巴斯德說，起初的一杯

乾淨水，裏面沒有微生物，但是放在空中久後，空中有無數小粒子灰塵，上面帶着微生物，這種灰塵落在水中，於是水中才有微生物出現。假使一杯純潔的水，密封起來，不讓空中灰塵落進去，則水中永不會有微生物。所以生物祇能由生物發生而來，決不能從無生物產生，業已由實驗證明，成爲鐵案。

生物體既不能從無生命體發生而必須由生命體發生而來，那麼問題就是最初的生命，究竟從什麼地方產生呢？較複雜的生物，例如人或哺乳類動物，追溯其源，可以從最低等單細胞動物演化而來：那末單細胞動物又從什麼產生來呢？關於這個生命由來之謎，就產生了好些學說了。有一種學說，認最原始的生命是從地球以外落到地球上來的。大物理學家海爾姆霍茲(Helmholtz)和開爾文勳爵(Lord Keivin)就是這麼主張。他們說，在地球以外，某些隕星，上面帶着有生命物質，這種隕星落在地球面上，於是開始繁殖，經過幾千萬年，由不成細胞形而成爲細胞，由單細胞而至於多細胞。如此則可以不違背已證明的事實，即生命體是由生命體發生而來。

但是這種學說有兩個困難點。第一點是生命體之維持其生命，必須具備一些物質條件，例如溫度有一定限度，在攝氏零度以下或百以上，皆不能生存。又如生命體必須要有空氣，

沒有空氣則生命不能存在。我們知道在地球以外的宇宙空間，第一是沒有空氣的，第二是溫度和地球面上完全不同，近太陽則過熱，遠太陽則過冷，尤其是在隕星行近地球的時候，和空氣摩擦，發生極高的熱度，使生物決不能生存。在這樣不適宜的物質條件之下，生命體是不能維持其生命的；既不能維持其生命，則由地球以外來到地球面上的隕星，是不能帶有生命體的。第一點的困難，在我們地球面上，現在仍有隕星不時降落，但是從來不曾看到帶來有什麼生物，所以這種學說從來不曾得到什麼證明。第三點，根據於這個學說，那末隕星上的生命，又從何處來呢？

所以還有一種學說，認生命是由某些化合物突變而來。例如費盧格兒(Pflueger)說，當初地球很熱的時候，炭氣和氮氣化合而成蜻(Cyanogen)；蜻化合的時候，需要大量的熱，即是大量的能力。既有大量的能力，乃進而組成蛋白質，由蛋白質乃開始構成生命體。又如亞倫(Allen)說，生命之開始，即開始在地球成現在狀態時，如過冷或過熱，決不能有生命存在，即存在亦和現在的生命體不同，必為另外一種生命。當地球成現在狀態時，日光照在池沼，地沼內有化學原料，其化學元子分解而重新排列，於是成生命物。例如，氮氣氧等等氣體放出空中，再受日光作用，有消有長，這就是生命之開始。又如美國古生物學家奧斯邦（

Osborn)氏說，當地球在攝氏六度至八十九度間的時候，水硝酸鹽(nitraets)及炭氧二等結合，先是吸收電力並改變電力，繼而成爲有生命物質。又如托洛蘭(Troland)說，所謂生命物者，乃是由酶素(enzymes)所促成之物質。

上面這幾種學說，都是認生命物質在地球上形成，不過是特殊化之化合物而已。這種學說之困難點亦有二：第一是我們從來未曾在實驗室中綜合成生命物，所以始終沒有什麼證明；第二是這種學說根本和已證明的生命物祇能從生命物中發生之事實相違背。

此外還有一種學說，如美國生物化學家莫爾(B. Moore)所主張者，他認生命卽在地球冷却時開始，由無生命物質演變而來，不過複雜程度不同耳。無生命物質較爲簡單，有生命物質較爲複雜。無生命物質最簡單者爲電子，更複雜者爲元子，更複雜者爲分子；由分子而爲膠質體，膠質體已很接近有生命的原生質，不過後者較前者更爲複雜，所以有生命的原生質，卽由無生命物質逐步演變而成。此說似很有可能。例如我們現在所知道的最簡單的生物爲單細胞原生動物；較原生動物更簡單者爲細菌，細菌非但個體甚小，且往往沒有成形的核，其核的物質散在細胞質中，爲分散的染色素。由細菌再追溯至更簡單的生物，爲過濾毒素(fi-ltrable virus)，小至連高倍顯微鏡亦不能窺見。這種細小的生物，有的甚至較蛋白質分子

還要小，例如口蹄病毒素的直徑，祇有十個mμ，黃熱病的毒素，其直徑亦祇有廿二個mμ，而血精蛋白質(Haemocyanin)分子的直徑，反較此二種毒素爲大，其直徑有廿四個mμ。所以最小的生命體，在直徑大小方面，和無生命體蛋白質分子已不能分界。惟一判斷其爲生命的標準，就是毒素是能繁殖的，而蛋白質分子是不能繁殖的。生物學知識既日趨進步，所找到的細小生命物，更接近於無生命物，所以生命物和無生命物之區別，祇在複雜之程度而已。這種學說之惟一困難點，就是和生物由生物發生而來之學說相衝突。

魏斯曼(Weismann)說：『我們承認生命由無生命物質發生之自然發生學說是已被證明失敗了；但是此說仍爲邏輯所必需。』所以我們根據於邏輯的推理，有生命物質是應當由無生命物質發展而來，但在事實上則尚有待於生物化學家努力研究以證明之。

第三節　原生質

在化學家尚未用化學品綜合成生命物質以前，首先應該用物理和化學方法分析之，以研究其物理性質及化學成分。據現在所已知道者，生命體之基本物質爲細胞體內之原生質(Protoplasm)，那麼要研究生命物之物理性質及化學成分，祇需取原生質而分析之，即可以知其

梗概。在未述原生質之物理化學性質以前，我們先要解釋何謂原生質？何以原生質可以代表生命物質？所謂原生質(Protoplasm)一字，爲浦頃野氏(Purkinje)在一八三九年所首先創用，原意是首先形成之意，在他創用「原生質」一字前四年，杜若當(Durjardin)氏已研究了動物體的組織，他已看到了組織內有黏性又澄淸同時又有粒子的液體，可以黏在玻璃棍子上面，拉成細長的條子，如同拉糖似的。這種液體他名之曰肉漿。其實此種肉漿，亦就是原生質。自從浦頃野氏創用原生質名字之後，以後植物學家莫兒氏(Von Mohl)應用此名辭於植物體內的液體。至一八六一年，薛兒茲(Max Schultze)方指出莫兒所稱植物體內的原生質，和杜若當所稱動物體內的肉漿，都是一件東西，同爲生命之基本物質基礎，亦就是現在所稱的原生質。所以首先確定原生質觀念者爲薛兒茲。

我們既知道生命之物質基礎爲原生質，於是我們可以從研究原生質之理化性質而探知一般生命物質之理化性質了。然則原生質之理化性質又爲如何呢？

首先以其化學成分而言，我們已知道原生質內部，有四分之三是水，其餘部分爲蛋白質糖份脂肪及鹽類等。各種生物體上原生質內之化學成分量不同，例如水分可以由百分之十五三百分之九十九。海中飄浮的水母身上水分達百分之九十九點八，祇有千分之二的成分爲

溶解物。人的身上約有百分之六十五的水，至老年時可以減少至百分之五十三。植物種子是最乾的生物，有時祇達百分之八，這種乾的種子，可以經二百年而不死。但是普通生物體內常含有多量的水。

至於其他的化學成分，芮恩克(Reinke)曾取普通常見的黏菌(myxomyecetes)原生質而分析之，其所得到的結果如下：

成分	比例
蛋白質	百分之五十五
脂肪	百分之十二
碳水化合物(卽糖)	百分之十二
膽脂素(cholesterin)	百分之二
松脂(resins)	百分之一
鹽類	百分之七
未定者	百分之十一

從上表看起來，可知大部分的化學成分，除水以外，就是蛋白質。若人體上原生質，計有百分之六十五的水，百分之十五的蛋白質，百分之十四的脂肪，百分之五的鹽類，百分之

一的未確定成分。若以化學元素而言，計有氧、炭、氫、氮、鈣、磷、鉀、鈉、氯、硫、錳、鐵、碘、氟、矽、鎂、砒等。

這些化學成分，都不過是供給原生質作爲材料，究竟原生質將這些材料如何利用之，如何堆砌之，而後產生了生命活動呢？於是我們就要進而考察其物理性質了。

在原生質內普通所能見的物理現象有七種。第一種爲小粒子之勃朗氏運動。所謂勃朗氏運動，爲植物學家勃朗氏（Robert Brown）在一八二八年所發見。他取花粉小粒子，其直徑爲千分之四或千分之五英寸，若放在水中，卽有跳躍式運動。他最初看見這種運動的時候，心中曾疑爲是生命的活動。以後取植物標本室中已有二十年之久的標本，此植物顯然已死，於是照樣取花粉而試之，亦有同樣的運動。可知這種運動並不足以代表生命活動。現在我們知道無生命之普通結晶溶液內，無此種現象，祇膠溶液有之，其運動宛如暗室中細縫內日光照到處所見到之塵埃跳動。第二種爲滲透現象（Osmosis）。所謂滲透現象，可以一種實驗表現之。例如取一小罐糖溶液，上覆以薄膜，而後將罐子倒置，放入一大罐水中，糖液和水之間，祇有膜相隔，膜外的水能滲入糖液，並施有相當壓力，但糖液則不滲出該膜。此種現象，卽曰滲透現象。凡是原生質的膜（卽細胞膜），皆有此種滲透作用；此種膜卽稱曰半透

膜。第三種爲附着現象（adsorption）。所謂附着現象，卽爲許多小粒子附着於表面上之意。例如有胃病者，胃腸中氣體很多，使胃腸漲痛，於是吞食炭以使氣體分子之附着於炭粒子上。氣體並未和炭粒子起化學作用，祇是附着於炭粒子上。布匹纖維之染色，染料粒子附着於纖維上，亦是附着作用。在原生質內許多小粒子，其表面上卽有附着作用，故使原生質成爲複雜的混合體而不是純粹的化合物。第四種爲滲潤作用(Imbibition)。所謂滲潤作用，就是吸收水分之意。一塊膠質（gelatin）或澱粉放入水中，不久卽漲大，此卽滲潤作用，其容質增大，卽產生一種壓力，名曰滲潤壓力。海中水母，有百分之九十九的水，卽由原生質滲潤水分所致。第五種爲表面漲力。所謂表面漲力，表現於原生質之外面，例如各種組織內任何細胞，當自由的時候，常成圓形，此卽由於細胞表面之漲力(tension)，好似薄的肥皂膜，張在某形狀架子內，破則成圓形，這就是肥皂膜之表面漲力。第六種爲黏性(viscosity)，凡原生質都有黏性，因爲有黏性，所以不易流動。各種細胞，以及一個細胞在各種不同生理狀態之下，其黏性不同。第七種爲電勢，例如在蘋菓皮外和蘋菓皮內，卽有電勢差異。凡原生質活動時，皆產生電勢差異，心臟跳動肌肉活動及神經活動時，皆發生電勢差異，這是最顯明的現象。

以上七種物理現象，爲原生質所共有。現在生理學家，要探討原生質之生命活動，除分析其化學成分之外，即研究上列之各種物理作用，並時常用無生命物質（如膠質溶液）在上列各種物理作用之下，作爲模型，以摸仿生長、細胞分裂、神經傳導、阿米巴運動等生命活動，他們希望從這些研究之中，用理化法則，以解決生命活動之法則。

第四節　細胞

原生質爲生命之物質基礎：但是生命物體並不是一片原生質，而是許多小點滴的原生質，每滴原生質形成一個機體，那就是細胞。

細胞構成機體的單位，有如元子構成物質單位似的。一個細胞非但爲組織的單位，並且爲功用的單位。上面所說的生命特徵，如完整性、感應反應性、消長能力、及生殖能力等，皆由細胞表現之。所以一個機體的一切生命活動，亦皆由細胞執行之。例如每個生殖細胞，即卵子或精虫，皆爲一個完整的個體，有感應及反應力，並有消長作用。肌肉細胞，神經細胞，腺體細胞等，亦皆如是。在多細胞生命機體內，各種細胞担負着不同的職務，分工合作，以維持一個機體的完整與統一。所以原生質是生命之物質基礎，而細胞是生命體的單位。

細胞體通常是非常小，祇能在顯微鏡下窺察之，普通最大之細胞，其直徑不過是十分之一公分（Cm.）、週圍有膜包起來，膜裏面就是原生質，好像一個小箱子內裝着水似的。西文細胞（the cell）一字，其意卽爲一間空屋子，猶如監牢內一個小房間：此字爲一六六五年英國植物學家胡克（Robert Hooke）所創用。胡克用小刀切一片軟木，在顯微鏡下視之，但見有無許小空房，於是他名之曰細胞。但是首先理解細胞之意義，認細胞爲生命機體之單位者，爲十九世紀動物學家薛璜（Schwann）和植物學家薛萊頓（Schleiden），他們二人，先後在一八三八——一九年發表其細胞學說，於是在生物學內乃奠定了分析研究的基礎。

普通細胞在顯微鏡下視察之，有兩個主要部分，一爲位在中心圓形的細胞核，又一爲核週圍的細胞質。核和細胞質，乃構成原生質。核爲細胞生命之所繫，任何細胞若取去其核，不久卽死去。人的紅血球細胞無核，所以紅血球完成其血液中使命後，不久卽死，從新再由新生紅血球代替之。下等生物如細菌，沒有一定形狀的核，但是核的成分，所謂染色素，分散於細胞質，所以細菌的核，是尙未成形者。更低等的濾過毒素，根本無法窺察其構造，想不至於有成形的核。所以成形的核，比較是高等的構造。

核外爲細胞質，其間有核膜相隔。細胞質乃掌司一個細胞的機體功能，例如神經細胞

之傳導功用，肌肉細胞之收縮功用，腺體細胞之分泌功用等是。隨着各種細胞的功用不同，細胞質的形態亦各異。例如肌肉細胞之功用爲收縮，其細胞質內有能伸縮的纖維：神經細胞之功用爲傳導，其細胞質內亦隨即有電線式的原纖維；諸如此類。所以細胞質有多種不同的形狀，惟細胞核始終是圓形。但是細胞質的形狀雖不同，內部有許多組織成份是相似的，例如線粒狀體，哥爾基網狀體，中央體等，這些是屬於生命機體部分。有時亦包含有無生命物質，如結晶體，色素，空泡(內含空氣或水)等。植物細胞內，常含有葉綠素，似乎是一種色素，作爲酶素用，使水加炭氧二在日光之下成爲糖，形成綠色植物細胞所特有的光合作用。

第五節　機體

多細胞生物，由構造不同和功用不同的細胞，結合成一個機體，或爲動物，或植物。一個很大的生物，例如象或松柏，並不是很大的細胞所構成，乃是由很多的細胞所構成。生物機體之生長，亦並不是細胞長大，乃是細胞加多。旣構成一個機體之後，各種機體之形態習性不同。生物學家乃根據於不同的形態及習性，開始其分類工作。所以生物界除動物界和植物界之外，動物界又有百萬種的動物，植物界亦有七十萬種的植物。這許多動物和植物，形

態和習性既各不相同，好比自然界的一個大圖書館，藏有「動物」百萬卷，「植物」七十萬卷，生物學家乃自任爲圖書館管理員，將這許多物種分門別類，以便識別。

對於普通動物和植物，我們尋常並非不能識別，例如狗和貓顯然不同。但是第一我們用的名稱太雜亂，例如狗亦曰犬亦曰dog亦曰chien。至十八世紀林耐(Linnaeus,1707—1778)出後，方用拉丁名統一之，概稱之曰(Canis familiaris，前面是屬名，後面爲種名，於是一切動植物有統一的科學學名，不至於再混亂了。第二我們對於某種動物或植物，任意給以一個名稱，殊不知自然界的動植物是有自然系統的。自從林耐以後，經過許多生物學家的努力，於是找出自然系統，即由種而屬，由屬而科，由科而目，由目而綱，由綱而門，由門而界。例如狗屬於Canis屬犬科，食肉目，哺乳綱，脊椎門，動物界。有了這樣系統，於是生物機體的各種形態習性，乃有線索可尋。這是生物學發達的基礎，亦就是人類認識生物的出發點。

例如以七十萬種植物而言，松、柏、竹、梅菌藻之類，皆屬於植物，自植物分類成立以後，於是我們將無根無莖無葉無花的植物歸爲一類，名之曰菌藻植物(Thailophytes)，例如溪溝裏的藻類，腐木上的菌類皆屬之。凡是有根有莖有葉者又歸爲一類，名之曰異節植物

(Cormophytes)，例如苔蘚類羊齒類以及種子植物等是。於是我們可以立表如下；

- 菌藻植物
  - 菌類　藻類
- 異節植物
  - 苔蘚類　羊齒類　種子植物類

這是一個簡單的植物分類。

關於一百萬種動物，亦是如此。首先我們要分辨單細胞動物和多細胞動物。如阿米巴草履虫，都是一個細胞所作成，故名之曰單細胞動物：如蚯蚓、海豚、昆虫、鳥、魚、狗、貓是由許多細胞所作成，故名之曰多細胞動物。在多細胞動物之下，我們又分辨無脊椎動物如蚯蚓昆虫，及有脊椎動物，如魚蛙鳥獸。於是我們又可以列表如下：

- 單細胞動物
- 多細胞動物
  - 無脊椎動物　有脊椎動物

在有脊椎動物之中，有魚類、兩棲類、爬虫類、鳥類、及哺乳類。人都屬於哺乳類的動物，

尤為哺乳類動物中之最高者。

根據於這樣分類的結果，我們知道生物界有二大系統，一爲植物又一爲動物；由低等植物以至於高等植物，由低等動物以至於高等動物，是依着一個自然系統而發展的。所以我們說每個機體，有個體生命的發展；整個生物界機體，又有種族生命的發展。個體生命的發展其所表現者爲由各種細胞而幼而壯而老而死；種屬生命的發展，其所表現者，爲由下等動物，或植物以至於高等動物或植物。

總結

現在我們考察了生命的特徵，生命的原始，生命的物質基礎（原生質），生命機體的單位（細胞），及生命機體的形式和系統，我們要回轉來問，究竟生命現象能否用物理化學法則解釋其一切活動呢？我們認爲是可以的，因爲生命活動不過是較膠質溶液爲更複雜的物質運動。然則生命活動是否爲機械的？我們認爲祇有在一個條件之下是機械的，那就是在不變的環境之下。例如同樣的雞蛋胚盤，在同樣溫度壓力養料等相同環境之下，必定長出同樣的雛。然而事實上客觀自然環境是在變遷發展，所以客觀環境不變這個條件不能存在，所以生

命活動亦就不能是機械的，必須是永遠發展的。

這意思就是說，用理化法則所能解釋者，不過是在已控制環境之下局部的生命活動，如肌肉收縮呼吸營養或神經傳導等；至於生物機體和自然環境的交互作用，除局部能爲理化法則所能解釋者外，尚有更高級的生命活動法則。機體和環境作用，亦有理化法則，如呼吸即是；但是呼吸作用所表現的理化法則，較之僅僅乎氧氣和炭氧二之交替要複雜得多；表現於生命活動的理化法則，和無生命體的理化法則，在本質上是不同的，其本質上不同點是由複雜程度所演變而得，猶之乎在足球場上複雜的個別球員運動表現成足球隊的運動。這就是生命物質和無生命物質之不同點。

習題

（一）生命物質之化學成分，是那幾樣？

（二）生命物質有那幾種物理現象？

（三）生命活動和理化現象不同點在那裏？

第十章　生長與發展

生物機體和環境起交互作用，於是有兩種發展，一爲個體的生長，又一爲物種的進化。本章內先述個體的生長，下一章再述物種的進化。

生物機體的生長，是一件非常顯著的生命活動。一顆植物種子，散在土裏，不久即長芽生根，由芽而生莖，以至嫩綠的葉，美麗的花，最後又結了果實種子。動物亦是如是，例如雞卵內胚盤，經孵育後乃長成黃毛小雛，破殼而出，以後又逐漸長大。微小的一點種子，如何能長成各種形態的生物，似乎是不可思議。於是在生物學裏就產生了兩種學說，一種是新生學說(epigenesis theory)，又一種是先成學說(preformation theory)。

所謂先成學說者，意思是說任何生物之雛形，皆已在種細胞內具備，或在精虫內，或在卵子內。例如十七世紀首先用簡單顯微鏡研究微生物之劉汶胡克(Leeuwenhock1632-1723)，他發現了動物的精虫，並且說在精虫裏面可以看到成年動物的几體形狀，所以他相信卵細胞作用不過是孵之長大而已。亦有人說具體生物形狀，不存在於精子內而存在於卵細胞內，精子的作用不過是觸其發展動機，使之開始生長而已。這就是先成學說。當時之所以產生這種

學說者，完全是因爲顯微鏡過於簡陋，在簡陋之顯微鏡下，見到微小的精虫或卵子，看不淸楚內部的構造，於是憑一己之想像力，以虛構事實，甚至作爲圖畫，描出若者爲頭，若者爲身，若者爲肢體，一切皆備。現在顯微鏡製造日精，放大能力日增，已完全將這種美麗學說之肥皂泡吹破了。

至於新生學說的說法，和此完全不同。他們的意思是說種細胞內，無論種子或卵，並沒有將來成長生物的影子；一切後來成長機體的器官，都是以後新生的。例如鷄從鷄卵內孵化，我們可以看到各器官逐一出現，而不是早已存在。最早的生物學家亞里斯多德創立新生說者，十八世紀英國生理學家哈維氏（他是意大利胚胎學家 Fabricis 的學生）及十八世紀的華爾夫(Wolff)都是這麼主張。

我們試比較這二種學說，似乎是很容易決定，祇要用高倍顯微鏡偵視之，就可以判定孰是孰非，以現在最高倍的顯微鏡窺察種細胞，並沒有看到成年生物各器官的絲毫影跡。然則顯然新生學說是勝利了、先成學說是失敗了、但最近來生物學進步，知道受精卵細胞內尙有極細微的構造，這些構造雖不是成形的生物器官，而是成形的生物器官之決定因素，那就是基因。基因決定了將來生物器官的各種特性，例如眼睛顏色，翅膀大小，身體高矮，皮膚顏

白，甚至於智力高下等，這種基因存在於染色體上，由受精的種細胞起，至發展至長大的機體止，每個細胞核內的染色體上，都存在有同樣的基因；當染色體形狀不存在了，例如普通行分裂作用的細胞核，基因仍存在於各細胞核內，祇是不活動了。然則基因學說豈非成了新的先成學說了麼？

基因在染色體上體質甚小，爲尋常顯微鏡所不能見。除基因之外，種細胞的細胞質亦有一定組織，以决定機體各器官的形式和部位。這又是二十世紀以後新發現的事實。那麽卽使除開基因不談，祇以細胞質而言，先成學說亦未可厚非。

這意思就是說：任何生物體的發展過程，由受精卵細胞以至於長成的機體，究竟是逐步新生抑或是依照着先基組織逐步演放，還得作更進一步的探討。經過近年來細心研究之後知道生物體的發展，是一個複雜的過程，並不是一個簡單學說所能解釋。我們下面將第一討論基因的活動，第二討論細胞質的活動，第三討論組織中心的活動，第四討論機體以外物質環境的影響，最後討論生長與發展的新學說及其應用。

第一節　基因

基因概念，是從遺傳學中產生出來。在十九世紀末，生物學裏得到了一個新發現，那就是遺傳現象內的孟德兒定律。孟德兒的工作，發表於一八六五年，然而至一九〇〇年方被認識其重要性，這是孟德兒的不幸，亦是生物學界的不幸。孟德兒律中有一個重要概念，即認機體的特性，例如花的顏色，豆的形狀等，皆成一個單位；因此這是一種特性能自成一個單位者，專門名辭即名之曰單位特性。二十世紀初葉，大家開始在種細胞體內找這些單位特性之物質基礎，最後即找到細胞核內染色體上面了；更進而具體化，乃找到了個別染色體上之基因了。所以現在遺傳學家皆認各個單位特性，是由基因作用所促成。

究竟基因是怎麼一回事，我們可以列舉四種特性以表示之：

（一）所謂基因，是染色體上面的一個物質質點。各種生物的染色體，是有一定數目；而每個染色體上面，有幾十個至幾百個基因。每個基因，其功用不同，或為主眼睛顏色，或為主腿翅形狀，或為主毛之多寡等特性。各個染色體上所列之基因，亦各不同。所以一個細胞內，可以有數個或數十個染色體；許多染色體上面的基因，合起來可 以有數千至數萬基

因。染色體祇能在高倍顯微鏡下可以細看，至於基因卽在高倍顯微鏡下亦不能察見。計算其直徑，約爲0.06μ；其主要化學成分，卽爲核蛋白質(nucleo protein)。若遺傳學內常用的菓蠅，有四對染色體，三千至四千個基因；各種基因在各對染色體上之排列方式，亦已經知道大概。所以基因之爲具體存在，已無絲毫疑問了。

（二）基因由精子及卵子細胞合併成兩行。基因既存在於染色體上，染色體是成對的，故基因在染色體上之排列，亦是成對的，是似兩條平行線並列在一起。當精子和卵子起受精作用的時候，受精細胞內之染色體卽成對並列在一起，於是相同的基因卽並列起來。例如同主眼睛顏色的基因卽並列在一起，好似平放着的兩串珠子。但雖是同樣基因，由父傳來者或爲不良基因（如色盲）；由母傳來者或爲良基因（如非色盲）；如果同爲色盲者，則結果此機體卽發展成色盲；如同爲非色盲者，則結果此機體卽發展成非色盲；如果一爲色盲一爲非色盲：則結果往往非色盲佔優勢，換言之良的基因常佔優勢。用遺傳學名辭說起來，良的基因常爲顯性，不良者常爲隱性。這是機體的幸事。隱性的不良基因依然存在，待傳至下代時，如果和不良基因遇在一起，於是劣性發展出來了。

（三）基因的交互作用。一對基因，雖常代表一個特性，但亦常有數對基因交互作用，

而發展成一個特性者。例如菓蠅之白眼睛，是由於一對基因；但是紅眼睛則由五十對以上的基因交互作用而成。事實上我們所認爲單位特性者，例如智愚高矮，多數是由於許多基因之交互作用而成。所以基因觀念和孟兌兒當初所設想之單位特性觀念，不盡相同。亦惟其如此，所以父母皆愚，其子女不一定愚，因爲父母之愚，爲一羣基因中某些不同對基因的交互作用所致；今子女的這許多對數基因中，不至於亦照樣湊足這些相同性質的許多對數基因，所以不一定和其父母發生同樣的愚。這一點是非常重要的。

（四）基因能生長分裂。當受精細胞初形成時，由於精子和卵子之結合，含有若干對的染色體，染色體上含有一定數量的基因。今細胞開始分裂，由一個細胞分裂成兩個細胞，染色體亦跟着分裂，原來細胞內若有四對染色體者，今新成的二個細胞內，亦各自有四對染色體，故染色體是跟着細胞分裂而分裂的。染色體既跟着細胞分裂而分裂，染色體上之基因，亦跟着分裂。受精卵細胞，由卵長成機體，細胞數增千萬倍，基因卽跟着生長分裂千萬次，並且每個細胞內所含者皆相同。所以基因除影響於機體發展特性外，其本身亦是在生長分裂。我們已長成之機體內，每個機體細胞內皆含有同樣的基因。

（五）基因之穩定性及變異性。從實驗方面得到的結果，知道各生物的基因是穩定的。

基因是一種化學體，或是一個化學分子，或為多數化學分子所組織成；並且能自己生長分裂，相當於生物體之繁殖作用：但是每個單位性是穩定不變，即使有變亦能回復原狀。但有時亦起變異，使其組織成分及功用亦變異了。例如用X射線及其他短波射線，可以引起基因之變異，並且影響於其所增殖各基因，使之成為穩定性之變異。現在我們相信物種之變異，即起於基因之變異。

照上面這些基因特性看來，各生物物種決定於基因，各物種機體生長後各器官特性，亦決定於基因。基因之數目排列及化學性質，在種細胞內既已先定，則機體之生長，似乎亦為先定的。

第二節　細胞質

非但生物之細胞核在細胞內已有先定形態，如基因之性質及排列：即細胞質亦有先定形態。此種先定形態，甚至於可以追蹤至未成熟之卵細胞內。未成熟之卵細胞，在卵巢內即已有細胞極：既成熟後，細胞核之部位，卵黃、色素、空泡等亦有一定部位。例如軟體動物D·entalium其卵細胞的細胞質，可以因顏色不同，而分別三層，即白紅白。卵細胞開始分裂之

後，各細胞內三層顯然，並且各層形成各個器官，例如白者成外胚層，紅者爲內胚，下面白者爲中胚層，諸如此類。現在若用實驗方法，毀其某層，則將來形成胚胎之後，即缺少該層所應該形成之一部分。所以在卵細胞內，每層細胞質將發達成那種器官，業已先定，正和基因之先定機體某種特性，如出一轍。

還有一種動物卵細胞，如海胆之卵，其細胞質亦可以分成三層，上面爲灰色，中間一層爲紅色，下面一層爲白色。灰色層將來成外胚層，即神經系，感官皮膚等：紅色層將來成內胚層，即消化器官等：白色層將來成內中胚層，即骨骼肌肉等。細胞分裂之後，多數細胞集合在一起，亦可以分出很清楚的三層。今若毀壞某層，則該層將要發展之器官，即付闕如，成爲怪狀的海胆。但是海胆和軟體動物有一個不同點，即在細胞數分裂成八個以前，若破壞其一部分，此個體仍能發展成完好海胆，祇是個體稍爲小些。甚至你取數個細胞中之一，每個細胞亦可以發展成完整的海胆。因爲海胆卵有這種情形，所以有兩位生物學家，一位名盧克司(Roux)，又一位名杜里舒(Driesch)，曾同樣作生物生長的實驗，他們得到不同的結果。盧克司取蛙卵所發展成的二個細胞，毀壞其一，乃長成半個蛙，於是他說生物之發生是機械的，這是機械論的說法：杜里舒取海胆卵所發展的小胚胎，亦割去其一部分，結果得到

發展完整的海胆，於其他說海胆胚胎每個細胞都能長成完整的機體，生命體內是有求全的一隱脫來虛」的而不是機械的，這是生機論的說法。事實方面他們二人都是對的，因爲盧克司用作實驗的材料，相當於海胆卵已達到八個細胞以後時期，而杜里舒用作實驗者，是在海胆卵未達到八個細胞以前時期：但是結論方面他們二人都錯的，換言之機械論與生機論皆是偏頗之詞。

自從對於海胆的實驗，經過仔細研究之後，知道根據於偏面實驗結果之機械論和生機論，皆非正確的。同樣，新生學說和先成學說，亦不是正確的。根據於蜈體動物 Dentalium 及分裂成八個細胞以後時期的海胆的實驗結果，生物之發生是依照先成學說的，所以割去其一部分後，將來發展中即缺少該部分了；根據於分裂成八個細胞以前時期海胆的實驗結果，生物之發生是依照新生學說的，所以每個細胞皆可以長成完整的機體。所以兩種學說皆祇是抓住了一部分的眞理，並沒有道及了全部眞理。

海胆卵的發生，或符合於新生學說，或符合於先成學說，一方面是由於發展時期之不同，又一方面是由於細胞質分化程度之各異。我們上面說過，海胆卵細胞質可以分作三層，即灰紅和白，當卵細胞分裂尚未至八個細胞時，每個細胞內的細胞質，皆有灰紅白三層，所以

每個細胞可以獨立發展成完整的個體。當卵細胞分裂成八個細胞時，各個割細胞內之細胞質，已不再具有灰紅白三層，故個別細胞不能再長成完好的個體。在八個細胞時期，上面四個細胞內細胞質爲灰色，下面四個細胞內細胞質有紅及白二層。今若將八個細胞上下平分之，一半四個細胞全是白色，一半四個細胞全是灰色和紅色，則上下二半皆不能發展成完整個體。若換一種分割法，將八個細胞左右分割，兩半皆具備灰紅白三層，則兩半又能長成完整的個體。可知細胞質還是有各部分的不同，亦和基因相似，灰層發展成外胚層器官，紅層發展成內胚層器官，而白層發展成中胚層器官。同時我們亦可以知道，生物機體由卵細胞發展成機體，並不能祇賴核內之基因，尙有賴於基因與細胞質之交互作用。

第三節　組織中心

上面已經講到基因與細胞質之影響於機體發展。然則機體發展祇有賴於核內基因與核外各色細胞質麼？是又不然。當細胞分裂的時候，既分裂成多數細胞，細胞和細胞之間又構成細胞羣的環境，此種細胞羣的環境，亦影響於機體的發展。最顯明者，卽爲近年來所發現的「組織中心」(Organizer)作用。

我們假如取蛙之卵，在實驗室裏觀察其卵細胞分裂，可以逐步看到由少數細胞而發展至多數細胞羣，以至於蝌蚪。卵細胞分裂之後，最初成球形細胞囊，曰胚囊(Blastula)，裏面是空的。胚囊時期之後，細胞再增加數目，一部分即向空的中心突入，好似出氣的小皮球，吾人推之成瓜皮帽式之兩層半球形；兩層之半球形又再經過細胞增加，將圓形口子逐漸縮小，祇留一個小口。此時期的雙層球囊名曰囊胚(gastrula)，此小口即名曰胚口(blastopore)。

在此種多細胞時期，每一羣細胞的命運，皆已決定，若者將來發達成腦，若者將來發達成眼，若者將來發達成皮膚，諸如此類。在常態發展中，確實如此，所以我們可以認爲各器官之發展，事先決定於核內基因及核外細胞質。這麼說來，照理應該甲塊將來發達成皮膚者，今若移殖於發展成眼的乙塊地方，或任何其他地方，將來亦必定發展成皮膚。

但是實驗的結果，殊出人意料之外，並非如此。若將發達成皮膚的甲塊，移殖於發達成眼的乙塊地方，甲塊發展成眼而非皮膚；相反乙塊將發達成眼者，若移殖於甲塊所在地方，亦發展成皮膚而非眼。如此說來，甲乙二塊之發展命運，並未完全決定於基因及細胞質，尚有待於細胞環境之決定。細胞環境需要皮膚，即長成皮膚；需要眼睛即長成眼睛。由於細胞羣環境之配合，每個生物機體乃由胚胎時期而發展成某種完整形態之成年機體。

經過再仔細地研究之後，知道蛙之發展，在囊胚時期，胚口上有一羣細胞、此一羣細胞發出一種影響，達到各細胞內之細胞質及基因，使各細胞內部之潛能分化，在某地者發展成某種器管，使各細胞之命運決定於所在地而不決定於基因及細胞質：各地細胞之發展潛能互相配合，乃長成完整的機體。此一羣細胞，卽名之曰「組織中心」，好比如一羣細胞之領導者。所以在胚口上又存在着此種「組織中心」，以影響於胚胎各部分細胞之發展及分化。

此「組織中心」細胞羣，究竟含有何種物質成份，致影響於細胞的發展及分化。吾人尙未完全明瞭。惟吾人已知其當初來源，是由卵細胞上半月形灰色質(thegray crescent)所發展而成。此半月形灰色質，逐漸發展，至囊胚時期，卽爲組織中心。組織中心發出發展的衝動，由細胞傳至細胞，某地成爲脊髓，脊髓前面成爲延腦，延腦前面成爲中腦前腦，前腦兩旁成爲眼睛，再前面發展成爲皮膚，如此各就地發展，按序不亂。我們若將這些發展地方的細胞，任意顚倒，祇要組織中心安然無恙，各細胞之發展仍然按序進行，並不變更方向，亦不固執原定之命運：例如原來發展爲眼睛者，若放在脊髓地方，則不發展爲眼睛而爲脊髓，其地域性重於本身原來之潛能性，換言之，組織中心之勢力大過於原來細胞本身之潛在勢力。任何小塊細胞，可以因組織中心之影響，或發展爲腦，或發展爲脊髓，或發展爲眼睛，或

發展為皮膚。若將組織中心移至胚胎之他處、他處即發展神經至眼睛皮膚等。甚或在一個胚胎上，除原有之組織中心外，再移殖一個組織中心，於是隨着兩個組織中心之存在，一個卵乃發展成兩個胚胎，而有兩個腦子，兩對眼睛，諸如此類。從上面這些事實看來，很顯然地一個機體之發展，有賴於基因，有賴於卵細胞的細胞質，並有賴於一羣細胞環境即所謂組織中心者。

第四節　物質環境

上面所說的生物機體發展情形，有基因、細胞質、及組織中心等因素，以促使機體發展過程之完成。待機體發展成形後，尙有內分泌之影響，如甲狀腺素之促成由有尾的蝌蚪發展成無尾的蛙；性腺內分泌之促成雄性或雌性特性等是。以上這些因素，可以總括在機體本身之環境內，或曰內在的環境。

生物機體長成後，仍在幼年時期：由幼年時期至成年或壯年時期，仍在發展生長，此種發展生長，所遇及之機體外面環境影響甚大，吾人可稱之曰外在的環境，或曰物質環境。例如光、熱、電、壓力，以至於外給食物養料，外加之內分泌素飼料等。最後的一種，即外給

的內分泌素飼料，其效驗尤爲顯著。

以甲狀腺素而言，已如上述，可以使有尾的蝌蚪，迅速地變爲無尾的蛙，祇要多飼以甲狀腺素，即可以達到目的。美洲有二種蠑螈，一種名 Axolotl 有尾，同時有鰓。又一種名 Amblystoma 有尾而無鰓。二者皆較無尾的蛙爲更低級的兩棲類。在有鰓和無鰓之間，有鰓者又較無鰓者爲低。這一點我們可以從蛙的發展過程中見之。蛙發展時，亦曾有鰓，以後無鰓，最後乃脫尾。是無尾之蛙，無鰓之蠑螈，及有鰓之蠑螈，各爲一種，爲基因所決定，所以尋常時有鰓之蠑螈不再發展成無鰓之蠑螈，有尾之蠑螈亦不再發展成無尾之蛙。此外無鰓的蠑螈和有鰓的蠑螈，還有不同點，即有鰓者其尾可以作游泳之用，其鰓亦專供水中呼吸之用；無鰓者其尾不適於游泳，並且以肺呼吸，故不適於水中生活，因此成爲陸地生活之蠑螈。

現在假使取較低級的有鰓而尾部適宜於水中生活的蠑螈，飼以甲狀腺素，我們居然得到意外的結果，即鰓脫落了，尾部變成不適於水中生活了，並且亦跳出水中而到陸地來生活了，換言之有鰓的蠑螈變成無鰓的蠑螈了。於是甲狀腺素促進了蠑螈的發展。

不僅是如此，我們還有一種促進發展的方法，即將有鰓的蠑螈，時常逼之到陸上來生

活，在適當溫度之下，過了些時，雖未飼以甲狀腺素，居然亦會得到同樣的結果，有鰓的蠑螈變成了無鰓的蠑螈，和喂以甲狀腺素的效相同。

非但動物如此，在植物裏亦有類似的例子。玉蜀黍常有兩種顏色，一種是紅色，又一種是綠色，此種不同的顏色是遺傳的，這意思就是說紅色者產生紅的，綠色者產生綠的；如果紅者和綠者交配，結果依着孟兌兒遺傳律而遺傳。所以紅色和綠色，顯然是由於基因關係。但是若取含有紅色基因的玉蜀黍，在陰暗處培養之則呈綠色，在陽光處培養之方爲紅色。然則外界環境，顯然可以改變基因。今若取綠色玉蜀黍，若一在陰暗處培養之，又一在陽光處培養之，結果二者皆爲綠色，並無紅色者出現 這又證明外界環境對於紅色者，能改變其基因作用；對於綠色者則不能。所以基因的勢力，仍然存在；而環境作用之功效，視其基因種類之不同而有不同。

非但動植物，常因物質環境不同而有不同的生長，卽人類亦然。有一種人生而不幸，得克汀病（Cretinism），身子矮小，發育不全，智能低下，極爲可憐。今若經常飼以甲狀腺素，則患克汀病者，可以長成完常健全的成人，智力亦可以達到常態程度，此卽後天之人定勝天。不僅此也，現在食物營養知識日增，我們知道食物中不可缺維生素，若缺維生素，則

身心發育不全。其中維生素丁，在牛油動物油類及蛋黃中存在的，人類食物中若缺少此種維生素，則鈣的營養不足，骨骼不能硬化，小孩子常長成軟骨病。今若飼以維生素丁，則小孩可以免去軟骨病，骨骼可以硬化。惟在物質環境中，還有一件可以代維生素丁者，即日光是。小孩若常曬日光，亦可以免去軟骨病。故日光多處，可以少用維生素丁；日光少處，必須多進維生素丁。這些事實，顯然告訴我們，物質環環，顯然影響於基因作用。

第五節　生長與發展

從上面所述，我們知道生物機體之發展，有卵細胞核內之基因關係，有卵細胞核外之細胞質關係，有細胞羣環境如組織中心的關係，又有機體外面物質環境及食物等關係。所以機體的發展，並不是一件很簡單的事，上面所說的先成學說及新生學說，有時甲學說可以成立，有時乙學說似乎有理，結果二者皆道及了一部分眞理。所以我們現在的問題，並不在乎要證明那一種學說的是非，而是要尋找更多的事實，使我們更認識生物機體發展的過程。

如我們在第一章科學定義中所說，科學不祇是認識自然，還要進一步改變自然，為人類謀福利。從生物發展的科學研究中，已逐步認識了自然；但是更進而改變自然，亦為科學家

的事業。近年來蘇聯生物學家萊沁科(Lysenko)即實現了後面一種任務。在歐洲蘇聯南部與得薩地方，萊沁科用人工控制了農作物之生長，八月種大麥，九月底得收獲，並不用暖房，此種奇跡，名曰新春方法（Vernalization），已轟動了世界。

這種新春奇跡，究竟如何得來的呢？其理論根據是如下：萊沁科認生物如冬麥之發展，經過兩個時期，第一個時期需要若干日之低溫，約在攝氏一度至五度；此條件滿足後，於是進入至第二個時期。在第二期，中需要至少若干日之整天陽光。此條件滿足後，麥子即可產種子，不必再需要低溫或日光；此時所需要者為高溫，以促其生長及成熟。知道了這些條件，則給麥子這些條件，麥子即可以很迅速地發展生長成熟收割。所以要各種農作物生長得快，收穫得速，祇要先分析這些客觀條件，而後給予之，即可以如願以償，這就是達到了所謂認識自然並改變自然的目的。

從這些實踐中，萊沁科並提出一個重要的理論：他意思認生物之發展 development 和生長 growth 是兩回事。生物之發展，各個別生物皆有不同的時期，如麥子之第一期與第二期；並且各期所需要之客觀條件不同，植物可以發展而不生長，亦可以生長而不發展。其對於某物種植物種子，知道各期發展所需要之物質條件以後，可以給以此種物質條件，雖生

長不足，亦可以達到足期的發展，如種子下土，可以很快地達到產生種子期。反之吾人欲植物生長，則在任何期中，給以適宜物質條件，即可以生長。所以吾人若知道了此二種物質條件，給以適當的配合，則作物的生長可以加速，亦即可以節省時間，在一年中可以得好幾代。例如四川之再生稻，若給以適當的試驗和控制，亦應當可以得到美滿的意外收穫。

我們人類所需要的生物很多，植物如農作物、菜蔬、菓子、木材；動物如牛羊雞豬，皆爲我們生活所必需。我們若能一一給以生長及發展之分析，把握其客觀需要的物質條件，進而一一控制之，使生產益加多加速，則人定勝天，其前途之進步，何可限量。還是我們研究生物體生長及發展之最大意義。

所以生物機體之生長和發展並不是神秘的，是可以認識的；並且可以控制之以利民生的。

習題

（一）試述基因之特性。

（二）從海胆卵之發展事實　試批判機械論與生機論。

（三）何謂組織中心？

（四）何謂保存方法？

第十一章 進化理論

生物進化論的主要觀念，就是一個「變」字；凡是信進化論者，首先要承認生物是在變異。此種觀念，過去曾經過三個時期，第一個時期為哲學時期，此時學者或是憑直覺所得，或是從推想而得，甚至可以從猜想而得，例如最古的希臘哲學家推爾士(Thales,624—548B.C.)認一切物質皆由水中產生，生物亦是由水中產生，這是一種猜想。又如希臘哲學家赫拉克利圖(Heraclitus,535—475B.C.)說變動為宇宙之公共法則，所以生物亦是在變異之中，這是一種直覺。又如亞里斯多德(Aristotle,384—322B.C.)曾觀察過許多動物和植物，他說無生物變生物，在生物之中，尤以低等生物如植物先出現，而後高等生物如動物方出現，最後動物由低等進化至最高等動物即人，其所以進化者，因為生物體內有求完備之傾向，使生物向上進化。這就是一種推想。但是這些進化學說都是哲學性的，其理論及事實尚有待於科學證明。

第二個時期為實地觀察時期，始於林耐氏之確定物種觀念，而成於拉馬克及達爾文。林耐之物種分類工作，成於十八世紀；拉馬克之進化理論，成於十八世紀末及十九世紀初；達爾文之進化學說，則成之於十九世紀中葉，我們可以取他的物種由來一書出版年，即一八五

九年爲完成時期。拉馬克和達爾文的進化學說，在生物學史上有同樣重要的地位，前者稍着重於生物內在求適應環境之能力，後者完全着重於外在環境之自然選擇因素。但是達爾文的學說本身比較更爲有力，一則因爲其所觀察的事實較爲豐富，二則因爲其理論完全採用更有力的歸納方法。所以達爾文的影響較大於拉馬克。

至二十世紀，自德佛列(Devries)突變學說出現之後，又有孟德兒(Mendel)遺傳律之成立，於是進化觀念進入於第三個時期，即由以觀察爲中心進而至於以實驗爲中心時期。此時乃用實驗方法證示生物之變異現象，及其變異之規律了。

近代進化理論之科學的研究，即要求找出生物變異的規律，俾能預料其變異，更進而控制其變異。這裏面的中心問題有四：一爲物種問題，二爲變異問題，三爲變異的原因問題，四爲變異的遺傳問題。此外尚有第五個問題，即變異的趨勢，此爲比較不容易解決者，所以亦成爲哲學上的爭論問題。我們試論列之於下。

第一節 物種 Speeics

物種問題，起於生物體有異同特性。例如有二動物於此，一爲貓又一爲狗，貓和狗有不

一[illegible]大而頸長，這是異點；但又有同點，貓和狗同為胎生，同食肉類，以至於同具四足一尾。我們將如何處置這些異同之點呢？

亞里斯多德早已採集過許多動物，他曾得到五百多種；於是察其異同，試為分類，例如分為有血動物和無血動物。此種分類，偏於人為，所以得不到很自然的系統。至十七世紀英約翰（John Ray1627—1705），方確定物種（species）觀念。他認為生物個體，由同樣父母生產、而又能產生同樣生物個體者，即為一個物種。根據於此種物種觀念，林耐（Linnaeuo,1707—1778）發明二分名法，將動物植物，各給以屬名種名，由此排列，由種而屬，由屬而科，由科而目，由目而綱，由綱而門，由門而界，於是找出生物之自然系統。例如貓屬於動物界，脊椎動物門，哺乳綱，食肉類目，貓科，以至於屬和種，如此分類，乃為自然的分類。有自然的分類，而後物種的意義乃定。

在物種觀念未確定以前，多數生物之觀察者，自亞里斯多德時代以至文藝復興時代，大都認生物為能變異的。例如英國哲學家培根氏，即看到柳能生羊齒類植物，其實是羊齒類植物胞子落在柳幹上之故；他又說山毛櫸（Beech）之斷枝，可以變成樺木（Birth）。此即為一例。所以在許多觀察者心目中，生物是可以變的，不是固定不變的。首先表示物種不變而為

創造主所創造者乃是十七世紀英國詩人密爾頓（Milton）。密爾頓在失去的樂園（Paradise Lost）詩中有云：『大地（在創造主創造萬物天地之後）乃展開其沃土，長出無數活物，形狀齊備，有肢並伸長焉。』林耐在十八世紀完成分類工作之後，卽表示同樣意見，認爲各物種自始卽由上帝所造就，並無變異，至晚年觀察經驗更加豐富之後，對於此物種不變之觀念，方有些懷疑，而承認每一物種可以因雜交而變異。所以祇要稍爲多觀察一些事實而不固執成見，就可以看到物種是會變異的。

和林耐同時的法國生物學家皮風氏（Buffon）起初亦認物種爲不變的，後來却明白指示物種是能變的，開近代物種變異學說之先河。進化論者拉馬克聖希萊（Lamarck, Geoffrey St. Hilaire），更明白宣示物種變異之歷程，亦卽進化學說，拉馬克所給之物種定義如下：

『一個物種，是相似個體的集羣。這些個體，如果環境不足以引起其習慣特性及形式之變異，則同樣地代代傳襲下去。』

在這個定義裏面，顯然指出如果環境足以引起其習慣特性及形式之變異，則物種卽會起變異作用。所以拉馬克有「用之則發達不用則消滅」的法則，認某種動物的某器官，在某種環境之下，如果用之過久，如鳥之翼魚之鰭馬之蹄鴨之蹼等，因爲在各種不同環境之下，乃

自成一種器官。器官特殊化過甚，自乃成爲一物種。

現在問題就是各器官之相同，究竟相同到什麼程度方爲屬於同一個「種」呢？各器官之差異，差到什麼程度方爲屬於不同的種呢？例如狗有大、小、高、矮、長毛、短毛、直毛、卷毛、以至於性情柔和或兇猛之別，人有長頭圓頭黑膚白膚之別，究竟應當歸之一種呢抑應當歸之於多種呢？在十九世紀初，生物學家有強調其同點而歸之於一種者，達爾文稱之爲聚攏者(the Lumpers)；亦有強調其異點而分之於數種者，達爾文稱之爲分散者。(the Splitters) 聚攏者與分散者各執一辭。若根據於分散者，則世界上物種甚多；若根據於聚攏者，則世界上物種較少。至近代雖在種下設副種(Subskeciss)變種(variety)副變種(subvaniety)等名稱，然而每遇一新種，往往甲認爲是一新種，乙認爲並非新種，不過是一副種，或過是一變種。故物種定義，仍隨人而異。

至近代細胞學發達，我們又得到一種認定的物種鑒定法，那就是除外形器官習性之外，再觀察其細胞體內染色體的數目。原來當細胞在生物體內分裂的時候，有一時期，表現出許多個數的染色體，此種染色體的數目及形狀，各物種不同。例如蛔虫(Ascaris)有很大的四個。菓蠅(Drosophila)有很小的八個，人有很小的四十八個，各種生物，其染色體數目大小

不同；而染色體數目大小相同者，可以作爲同樣的標幟。這是一種有用的鑒定物種方法，但是必須要和解剖特性及行爲習性等集合在一起，方能有助於物種之鑒定，否則仍無濟於事。

所以我們的結論，可以說決定物種並不是一件簡單事，除客觀自然界生物所表現者外，仍有一部分是人爲的意見。

第二節 變異 (Variation)

我們上面說過，林耐和皮風早年都認物種爲一成不變，晚年觀察經驗豐富之後，乃不得不認物種是有變異的。然而這種變異過於細微，往往以人類的觀察力，不易察覺。達爾文根據於家畜變種的試驗及無數事實作證據，於是歸納得肯定的結論，即物種是在變異。今日認爲某種之變種者，明日變異過甚，可以作爲形成中之新種 (the incipient species)；形成中之新種，不久即可成爲一新種。故世界上隨時隨地，都在產生新種，不過歷程甚慢，吾人未覺察到而已。

假使我們追蹤至幾千萬年，由幾千萬年前以至今日，則物種變異，非常明顯。例如近代世界各處都有馬，學名爲 Equus ，近代馬的祖先，則顯然不同。在一百萬年以前，馬的形

獸和近代者曾相類似；可是上溯到五千五百萬年以前，馬原來祇有一尺高，和狗相似，前足四趾，後足三趾發達一趾不發達，牙齒簡單而短，專家分辨有三種，即Eohippus·Orohippus Epihippus 馳騁於西北美洲及英格蘭一帶。至三千五百萬年前，歐洲的原始馬似乎絕跡，在美洲則繼續存在，體稍高大，牙齒更長，前後足趾祇有三個，第四趾非常的小，專家名之曰Mesohippus及Miohippus。至二千二百萬年以前，體更高大，牙齒更宜於草食，足趾祇剩三枚，中趾落地，二旁趾更向上縮，學名爲Merichippus。至一百萬年前，即得近代之馬，體既高大，齒更發達，單蹄落地，二趾細微至難以辨認。凡此變異過程，皆根據於古生物學家所獲得的骨骼材料，已成鐵案。假如我們能縮短五千五百萬年的時候，將馬的骨骼形態作成卡通畫片，再製成活動電影，則由狗形小馬以至於近代大馬，逐漸變異，歷歷如在目前。

現在古生物學家所得到的材料，已遠較達爾文時代爲更豐富，如上述之馬，是一例子。其他如象如駱駝，亦顯示極明白的變異過程。一種之內的變異如此，各種之間的變異亦是如此。由魚類而兩棲類，爬虫類，鳥類，哺乳類，亦歷歷可考。其間發展過程，有許多材料尚未齊備，這種現象，我們並不以爲奇，因爲今日從地下尋掘古代生物殘骸，猶如得古書之殘頁，千萬年前，並無生物學家代我們善爲保存；但是變異事實，已無法加以否認。

我們要用實驗方法，表示物種變異，可以取生命較短的生物在實驗室中觀察之，如單細胞原生動物，即為最好材料。美國生物學家詹寧士（S. Jennings）曾取有殼阿米巴，學名為 Diflugia corona ，在實驗室中培養。此種小動物，直徑祇一英寸又一百五十分之一，可以直接細胞分裂，一分為二；每個體在二三日內，即分裂一次，這意思就說是成為一代。在一年之內 由一個祖先所傳下者，可以有一百代，好幾千的子孫。在此一百代中，始而見有各種變異特性，但並不遺傳；以後逐漸有變異特性之遺傳，最後可以辨別五種（races），此五種亦未始不可以名之曰五新種（species）。這種事實，將物種變異之進化現象，在實驗室中於短時期內證過無遺。有殼阿米巴和高等動物如馬、象、駱駝或人類同為一物種，不過具體 微。例如人類須三十年為一代，有殼阿米巴三天為一代；故後者之一年，至少相當於人類三千年。人類在三千年中，亦許沒有變成五種，此為各物種器官備繁程度不同，故變異能力及變異速度有大小不同；但是人類在五十萬年間，確已有許多變異（詳下一章），亦已由古生物學家得到鐵證，如北京人、爪哇人、耐安得泰人等即是。有這種實驗證示，配合許多古生物學家內所獲得的事實，我們無法再認物種為固定不變，換言之亦就是無法再否認物種變異的事實了。

詹寧士的實驗，古生物學的事實，和當初達爾文所注意者，爲物種漸變現象。在一九〇〇年，德佛利 (Devries) 又報告一種突變現象，在一八八六年，德佛利在荷蘭阿姆斯脫旦 (Amsterdam) 看見一種夜櫻草，屬於柳葉菜科，其學名爲 Oenothera lamarckiana，這種野夜櫻草原來是生長在美洲，以後方由美洲輸入到歐洲。德佛利所見爲野生者，如再仔細觀察之乃有兩種新變種，一種花柱甚短 (brevistyli) ，又一種葉子很細 (laevofolia)。他從同一地方採集許多種子，帶回去培養，過了幾代之後，有五萬顆夜櫻草，其中有八百種變種，七種類型，他名之曰 nanella, lata, albida, gigas oblonga, rubrinervis scintillans。此七種類型：有的後代即不再變異，有的又成爲別種類型。用作研究者，亦得到同樣結果，甚至發現更多的新變種。由於這些結果，德佛利於是在一九〇〇年發表其突變學說，認物種是突變而進化。

此種突變之最重要特徵，就是突變的特性能遺傳至後代，故德佛利認自然界新物種就是這麼產生的。自一九〇〇年以後，生物學界又不斷地找到許多突變現象。例如遺傳學實驗室內所用的菓蠅，自從野生的菓蠅經人類飼養以來，已找到有五百多種變種，或爲白眼，或爲紅眼，或爲棒狀眼，或爲殘翼，或爲無翼，諸如此類，不勝枚舉，並且新種不斷地在出現。

所以自然界有突變現象，已爲不可否認之事實。

從上面看起來，我們既看到了漸變現象，又看到了突變現象，所以物種之變異，已屬毫無疑問。

第三節　變異的原因

物種既是有變異的，且可以變成新種，那末我們要問這種變異原因在那裏？究竟是由於外面環境呢？抑是由機體本身變異的能力呢？

十九世紀初葉的兩位法國進化論者拉馬克氏和聖希萊氏，對於這個問題卽有兩種不同的答案。根據於聖希萊氏，他說物種變異，完全由於環境關係。他說：「機體之變異，直接爲由於環境之變遷。這種變遷，對於機體，或爲有利，或爲有害；但無論有利或有害，皆將影響於機體的組織。……若爲有害的，則所影響到的動物組織卽將滅亡，而代以新變的更適合於新環境的組織。」所以聖希萊氏是着重在外面環境的因素。至於拉馬克氏則着重在機體本身的適應能力，他以爲機體本身在任何環境之下，其器官用久則發達，不用則消滅。

拉馬克聖希萊之後，達爾文和華雷司（Wallace）同時提出一種學說，曰自然選擇說。

Theory of Natural selection）我們試先述其事實根據，而後再解釋其意義。

達爾文的自然選擇學說，根據於四種事實。第一種即動植物每次生殖的時候，其後代的數目，遠超過於生存的數目。例如象的繁殖，在動物界中是最慢的；即使很慢，然若每個後代都存在，則七百五十年之間，一對象可以產生一千九百萬頭。如果七百五十年前即如此，則今日已成爲象的世界，人類將無立錐之地。植物亦是如此。每種植物其種子數目很多，即使以年產二個種子而言，這二個種子若皆能存在，則二十年後將有一千一百萬個體，其數目之驚人如此。事實上無論是動物或植物，其後代數目，更多於此數，許多動植物，每年要產生幾千個後代，而眞正存在者不過千萬分之一。即以文明人而言，嬰孩死亡率亦有千分之三十餘，此爲有醫藥衞生設備之人類；其無醫藥衞生設備之動植物，死亡率遠過於此，照我們估計，有千分之九百九十九。如此看來，生物之生存競爭，至爲劇烈，毫無疑問。此生存競爭，即是自然選擇學說第一種顯明的事實。

第二，在生存競爭之中，結果必然是強者勝利，弱者失敗。以千分之一留存者而言，此一千個中，一個幸運兒既已留存，必然是最適於生存者。這就是說自然界似乎是在不斷地選擇其最適當的生存着。

第三，凡是由選擇而存在的個體，其優秀的特性，卽將遺傳給後代。此種優秀特性，並不一定是後天習得，亦可以爲先天所變異。

第四，凡動植物之遺傳，雖然和其父母一代相似，但不一定完全相同。例如幾萬萬人之間，幾乎沒有兩個人的面孔是相同的，其同點祗屬於種屬的，而個體之間總是有差別。我們人類對於自已的同種特別注意，故尤能辨別其差異點：各人有各人的名字，各人有各人的面貌，以至於習性才能等。對於自然界各動物如牛馬犬貓家畜之類，各主人尙能辨別，至於野生者，如獅狼虎豹，常不能辨其個體差異。然而自然界中各種族自己之辨別其個體差異能力，遠勝是人類。既有個別差異，於是在個別之中，選擇其最適於生存者，在生存競爭中，給以勝利，使之繁殖。

根據以上四種事實，達爾文乃創爲自然選擇學說。他認爲一說動植物皆不斷地爲生存而競爭，每個物種所產生之無數個體中，存者少而亡者多，祗有最適者生存。自然界不斷地在選擇，被選存在者且將其優點給後代。如此代代相傳，動植物種，乃日趨於更適宜生存，這就是物種進化。如果環境不變，則各物種卽將止於最適宜狀態，卽物種不再變異。反之如果環境有變，如天文之變、地質之變、氣候之變、地理之變、生物遷徙之變等；自然選擇卽隨

着一切變遷而永無止境。這就說達爾文的自然選擇學說。華雷司的學說亦和此相似。

我們可以注意到達爾文學說和拉馬克學說之根本不同，是在於前者着重自然環境之選擇作用，現在我們稱之爲達爾文主義；後者着重在生物體本身之適應作用，和器官應用之程度，現在我們稱之爲拉馬克主義。究竟物種變異之原因，環境重於機體本身，或簡言之外重於內？抑機體本身重於外界環境，或簡言之內重於外？這是一時不容易解決的問題。

自從一九〇〇年德佛利氏宣布其突變學說之後，進化論又得到一種新刺激。這種突變的事實，說明達爾文和拉馬克的漸變學說，尚未能概括生物進化的事實，此是其一；其次是說明物種本身，可以起變異，並不一定有賴於自然選擇，故有利於拉馬克而不利於達爾文，即例如我們在上面所引的倉寧士實驗，有殼阿米巴之變種，亦是在同一環境內所起，並無自然選擇的作用，此是其二。所以我們可以說進化之內在原因——即機體本身——至少是存在的。

現在細胞學和遺傳學進步之後，我們找出兩種內在的變異因素。其一爲細胞體內染色體數目之變異。我們上面說過，每個物種身體細胞內的染色體數目是有一定的，但亦偶而有二種相同者，例如蘿蔔 (Rhaphanus sativus) 的染色體爲九個，白菜 (Brassica oleracea) 染色體恰巧亦是九個。蘿蔔和白菜交配之後，根據於蘇聯生物學家卡拍琴科 (Karpechenko)

之研究結果，得到了十八個染色體的新種；十八個染色體的種再交配，得到三十六個染色體的蘿蔔白菜新種，學名曰 Rhaphano brassica．故顯然雜交可以使染色體數目改變，結果即得到新種。德佛利所得到的夜櫻草變種，即屬於此種，遺傳學家名之曰染色體變異。

此外還有一種變異，名曰基因變異。例如遺傳學家所養之菓蠅，現在是五百種以上的變種，這些變種都是由於染色體上基因的變異，並非是染色體數目有什麼變動。

這二種新的事實，都表示物種之變異，如突變現象，顯然是由於機體內在原因。但是這個結論並未能否認環境對於物種變異的影響。關於後者，近代細胞學及遺傳學亦貢獻一些新的材料，例如用X光線照射菓蠅，結果菓蠅之變種加多，這顯然是外在的環境作用。

所以我們現在認爲物種之變異，有機體本身內在的原因，亦有自然環境之外在原因。那末留下來的一個問題，就是這種變異之遺傳問題。如果變異是能遺傳的，則物種的進化方爲可能，否則雖有變異而不能遺傳，則物種依然不能夠進化。

第四節　變異的遺傳

拉馬克主義強調物種變異之機體內在因素，達爾文主義強調物種變異之環境外在的因素

，現在實驗的結果，則是內外二因素都存在。但拉馬克和達爾文都同樣要求習得性能遺傳的事實。如果習得性絕對不能遺傳，則拉馬克所說的用之則發達，不用則消滅定律根本不能存在，而達爾文的自然選擇學說亦感受到極大的不便。在拉馬克和達爾文時代遺傳學尙不發達，故習得性遺傳否一問題倘未引起很大的注意；二十世紀以來，遺傳學發達之後，因爲不能證明習得性能遺傳這種現象，於是進化學說感受到極大困難，尤其是拉馬克主義感受到了極嚴重的打擊。

近來有許多生物學家，想用實驗方法，試驗習得性能否遺傳，結果都歸於失敗。例如我國女子纏足已千餘年，但是此種習得性始終未有遺傳，今日我國生下的女子仍是天足的。遺傳學家魏斯曼(Weismann)曾取小鼠而斷其尾巴，好幾十代後小鼠的長尾如故。這些結果，未免令人失望。近代關於遺傳的實驗比較引人注意者有二，一爲心理學家麥獨格(McDougall)的試驗，又一爲蓋約 (Guyer) 的試驗。

蓋約所作的試驗如下。他取兔子的靈靦(lens)，注射到雞身上，雞身上的血漿內乃產生靈靦的抗體素(antibodies)。將此雞的血清，再注射於有孕的兔子，許多小兔子未生即死。在六十五個未死的小兔子中，有四個或一眼或二眼皆不健全，有五個二眼呈變態形。最普通

的變態形，乃為靈視之一部或全部完全不透明，同時常有眼睛過小現象。至於四個不健全狀態，乃為虹彩暈裂線狀，或靈視部位不正，或眼球顏色改變，此種不健現象全出現之後，即能遺傳給後代。現在假使將兎子靈視直接注射至孕兎身上，孕兎血內亦即產生抗體素，但此種結果祇有十一分之一的小兎子眼不健全。至於普通兎子，祇有二千分之一有不健全眼。許多拉馬克主義者認為雞身上靈視所引起之抗體素，以致母兎眼睛不健全，遺傳給後代，足證後天習得性是能遺傳的。然而最近易卜生和卜希奈(Ibsen and Bushnell)又重複蓋約實驗，他們得到的結果，和蓋約所得到者不同，注射過雞血清的兎子，其後代中有少數是不健全眼睛者，並非是習得性之遺傳，乃是母兎本身不健全眼睛之遺傳，或小兎在胎中所得之傳染疾病。

再說心理學家麥獨格氏所作的白鼠學習試驗，頗饒興趣，並且亦較為完整。他首先取美國魏斯脫(Wister)純種白鼠，訓練其游水學習。將鼠放入水中後，鼠有二門可走，一門為正的，即可以出水；又一門為錯的，入此門後即給以電擊。普通未經挑選的白鼠，學習時錯誤有一百至一百七十次；但經久學後白鼠，傳至十三代，錯誤祇六十八次，傳至二十三代祇二十五次，二十四代至三十四代，未見顯著進步。但在前二十三代中，顯有極顯著之進步、

於是麥氏及拉馬克主義者認為白鼠後天習得性能遺傳，已得到實驗的證明。但是其他試驗者認為尚有幾點可以批評：第一麥氏所用之魏斯脫純種白鼠，其學習能力之個別差異甚大，故取前後代白鼠作試驗時挑選其個體，不可不慎重：若前幾代所選者為學得不好的個體，後幾代所選者為學得好的個體，則前後代學習能力之高下，祇是代表個體差異，並不由於習得性的遺傳。第二在實驗時所用電擊之強弱亦很有關係，若前幾代所用的電擊很弱，後幾代所用者很強，則結果當然後幾代成績要好，這亦不是習得性之遺傳。因此我們雖然承認麥獨格之試驗，已很謹慎，但是我們對於其結果之解釋，尚須謹慎分析。

照上面比較精細的兩種實驗看來，習得之遺傳，還是沒有確定的證明。但是有一件事可以認為滿意的，即種細胞之染色體及染色體上基因變異時，無論由於本身的突變，或由於外界因素（如X射線），此二種變異，顯然可以遺傳給後代並產生新種。所以物種進化學說本身，還是可以成立的。

第五節　變異的趨勢

我們應當知道進化學說的中心問題，是「變異」二字。「進化」原文（Evolution）一字

並無「進」的意義，祇是嬗變發放之意。故嚴格說起來，「嬗化」二字，評得不妥，我們祇因爲習用已慣，不願給以改變。十九世紀有人主張「進步演變」者，如自然創造史之殘集(The Vestiges of the Natural History of Creation,1842)作者(無名氏)即是。其實一切變異，是從我們人類看來，方有進化(如人腦更發達)和退化(如人之外耳尾骨盲腸等)。認爲人類爲最進化的動物，是人類的主觀評價，並非自然界客觀變異的趨勢。

現代科學家的研究對象，主要在找出其變異的法則。例如菓蠅之變種，究竟如何變異的？於是遺傳學家找出基因的關係。他們並不問菓蠅向着那一個方向變異，以這種態度研究物種變異者是屬於機械論者。例如美國遺傳學家莫爾根氏即自認爲機械論者。絕對機械論者認物種一切變異都是依着一定的規律，那末這種規律究是從那裏來的呢？自然的設計？抑上帝所創造？無論是自然的設計或上帝所創造，二者同是走入目的論。如爲上帝所創造，固然含有創造的目的；即爲自然的設計，則猶之乎人類設計汽車機器其目的爲的是便利交通，自然設計的時候，當亦必有一個目的；但至今我們始終看不出自然界有什麼目的。

最近英國洛德莫爾根(C. Lloyd Morgan)創爲濟變進化論(Emergent Evolution)之說以補救之。莫爾根之意，以爲哲學科學之職責皆爲描述我們宇宙間事物之有序的進程，

在進程之中，隨時隨地，都有新的出現。如生命，精神，思想，在其進程中隨時有新的創造，無生命物質界亦然，如新的元子，新的分子，亦在隨時出現。至於究竟將有些什麼新的出現，吾人難以指數。這裏着重點在新的出現，但事實上新的出現，是根據於一定的演變法則，並不是神秘的，莫爾根亦決不願意承認有神秘的潛變。我們可以承認有新的出現，但是必須依照着演變法則而出現。法則是機械性的，新的出現是創造性的，如何由機械性的法則走到創造性的新發展呢？

我們唯一解答，祇是以人為本位，人把握了機械與法則，去創造新的發展。故客觀自然界之變異，其趨勢就是變異本身；人類把握了變異法則，其變異趨勢可以在人為控制之下，向着某階段的目的變去。例如能耐旱的稻，或生長更速成熟更快的農作物。變異的目的隨時由我們創造，換言之即人類創造了演變目的；有目的方有趨勢，於是由把握其法則進而控制其變異的趨勢；離開了人類，所創造的目的，就沒有變異趨勢之可言。再明白地說，變異是客觀的，趨勢則是主觀的。

習題

(一)拉馬克主義和達爾文主義有何區別？

(二)何謂自然選擇？

(三)突變學說之重要性何在？

(四)若習得性不遺傳，進化學說仍能存在麼？

第十二章　人類史

生物進化學說，既已由事實證明，毫無疑問，那末我們人類本身，有沒有經過一個進化階段呢？如果有之，究竟是如何進化而來的呢？這個問題，是更切近於我們本身問題，我們應當要研究明白清楚的。

以前我國歷史上傳說盤古氏開闢天地而人類出現，這是荒唐無稽之談。西洋亦有類似之說。如聖經上載上帝在六天之內造成天地萬物和人類，十七世紀之五十四年，英國劍橋大學副校長賴脫福脫博士（Dr John Lightfoot）並推論說、上帝是在紀元前四千零四年早晨九點鐘造成宇宙萬物及人類的。初聽之似乎確實有據，但細考之則完全是臆造之詞。例如近代考古學家在巴比倫地方曾獲得許多黑石片，片上已載有紀元前五千五百年至六千年的事績，此是鐵證，其石片現保存在美國耶魯大學，然則人類史至少較之賴脫福脫所說之天地創造史，已早二千年。所以上帝創造天地萬物及人類之說，已不攻自破。

我們要明白人類進化歷史，決不能憑自己主觀杜撰，而有賴於客觀證據。據現在考古學家告訴我們說，人類進化史至少已有五十萬年至一百萬年，我們初聽之似乎非常駭異，因爲

人類有文字的歷史，總祇六七千年，如何能在有文字歷史之前，倘有一百倍長的歷史。然而從科學方面想起來，地球歷史已近二十萬萬年，生物歷史已有五千萬年，則人類史之百萬年，倘嫌其短而不嫌其長，問題是在有沒有確實的證據。

生物進化論的最有力證據，就是某種生物存在於古代者和存在於近代者其形態不同，近代生物是由古代生物變異而來。例如古代象有毛，近代象變爲無毛；古代馬有四趾，近代馬變成單蹄，這是最顯明的進化證據。以至於人類，古代人類和近代人類，究竟有什麼形態上區別和變異？如果有之，則人類之進化史，是毫無問題；而後再考其年代，即可得人類進化的歷史。現在考古學家，確實告訴我們說，人類最早爲直立猿人和北京猿人，以後又有海得堡古人，其次復有披爾當曙人，再次復有耐安得泰人，再次復有克羅麥農人，最後方爲近代人。其進化遺跡，歷歷有據；而形態變異，亦極顯明。這就是一部人類進化的歷史，很值得我們探討的。

第一節　證據的來源

這樣的一部人類進化史，不能依賴着文字，因爲人類之發明文字，不過纔幾千年；亦不

能憑口傳，因爲語言之發明亦是很晚。其事實根據，是從古生物學家方面得來的。古生物學家有地質學作爲根基，所以由地面掘下去，看到逐層堆積的地層，能夠估計某地層的年代，假使某生物在某級地層發現的，就可以斷定此生物是生長在某年代的；古生物學家又有生物學的知識，所以看見某地層內某生物，就可以斷定是屬於那一類的。根據於地質的及生物的知識，於是在某處發現了一種人類骨骸，從其骨骸所在的地層方面及其同時附近存在的其他生物殘骸，就可以斷定這種人類生存的年代。我們現在所有關於人類歷史的材料，就是這麼得來的。

由這樣得來的材料，必然是殘缺不齊，好像一部古書的片斷殘葉。因爲古代人類，或死於曠野，被鳥獸分食；或死於溝壑，被流水冲激；甚至或被同類所火葬，屍體已化爲灰塵，亦意中事。幸而在岩洞或河底沈積者，在屍體柔輭部分腐化之後，骸骨因爲其成分是石灰質關係得保留至今。但是積年累月，既已有幾十萬年，沈積的骸骨，分散在各處，亦不一定被我們所發覺。我們要在地面底下去尋找幾十萬年前人體的殘骸，有如大海撈針，其困難可知。古代生物遺跡，至今被我們所發覺者，照現在估計，不過是十萬種裏的一千餘種，約祗百分之一。生物尚且如此，人類更爲稀少。故近代古生物學，得發現古代人類的殘骸，是乃奇

跡，其材料之珍貴，由此可見。

這種殘缺而珍貴的材料，在歐洲發現者較多，因爲歐洲幅員雖小，但地質學和古生物學發達已久；其次爲北美洲，北美洲雖在近五十年來由許多古生物學家努力發掘，但因幅員廣大，故所獲者不多；至於其他各地，如南美洲非洲亞洲等地，因爲地質科學發達較晚，故所獲亦少。但總合全世界的發掘所得，我們已得到了許多確實可靠的事實。第一件可靠的事實，就是古代的人，從骨骼方面看起來，顯然是和現代人不同，尤其在頭骨方面，顯然更近於猿類。這一點就證明人是從猿類進化而來的，已無可再疑；所以人類決不是上帝創造的。

現在已發掘得的材料雖少，但是五大洲各地皆有另星幾片，這很足以證明古代的人類亦和現代人類相同，分佈甚廣。但是其發源地究竟在什麼地方，尙不易斷定，以我們的猜想，似乎是在亞洲。因爲亞洲幅員最廣，生活的環境最複雜，似乎最適宜於產生原始的人類。其次從地理方面看起來，亞洲在五大洲之中心，西有陸地可以達歐洲非洲，東北經過白令海峽可以達美洲，而白令海峽在古代曾經是陸地，亦許在最早人類出現的時候，尙未成海峽。如果白令海峽爲陸地，則當時更適宜於人類遷移。再轉視南方，又可以通達爪哇及澳大利亞洲。所以我們從這幾方面猜想起來，最早的原始人類，是發源在亞洲。現在所得的古代人類骸

骨，亦以亞洲所發現者爲最原始，那就是爪哇所發現的直立猿人和北平周口店所發現的北京猿人。

第二節　直立猿人 Pithecanthropus erectus

我們先從最原始的人類說起，那就是在亞洲爪哇島所發現的直立猿人。在南洋羣島中的爪哇島，在十九世紀晚年，已經由許多古生物學家發現有許多古代動物的骨骸。杜博 (Du Bois) 到爪哇之後，頗注意於古生物之發掘。由一八九零年起，他自己開始在脫里尼爾村 (Trinil) 之澎家灣河 (Bengawan River) 邊工作，至一八九一年八月，果然在離地下十二至十五公尺地方，發現了一顆人類的牙根。根據於這個線索，再繼續小心地挖掘，結果他得到了三顆牙齒，一個頭蓋，一根左股骨。這些殘骨，分散在二十碼附近地方。經過很謹慎的研究之後，杜博氏於一八九四年發表其論文，並決定其學名爲直立猿人。

自從直立猿人被發現之後，科學界大爲震動，因爲這是最原始人類的線索。其材料雖少，然而經過許多專家之研討，已經得到許多明確的結論。首先從頭蓋骨方面說起。頭蓋骨的眉上部分隆起，頭頂低而扁平，額骨很狹，是近乎猿類。但是從頭骨內的腦容量方面看起來，據

專家估計的結果，大概爲九百至一千立方公分(cubic centimeter)。大猩猩的腦容量，爲六百五十立方公分，而近代人類的腦容量，由九百三十至二千立方公分，平均約爲一千三四百立方公分。所以爪哇所發現的直立猿人，從腦容量方面看起來，顯然較猿類爲高，又較人類爲低。更有趣者，即神經學家可以從此頭骨殘片上約略窺察其大腦面上的溝紋。因爲頭骨裏面有腦溝紋的印子，是直立猿人活的時候腦子之印子，現在的人類及猿類頭骨上亦皆有之。腦子是軟的，直立猿人的腦子當然早已腐爛；但是頭骨上的腦子溝紋，從腦印模上尚可辨析。今若用軟的黏膏，作爲模印，在頭骨裏印之，則原來的腦上溝紋，即隱約可辨，可資研究。經過這種方法研究的結果，神經學家告訴我們，直立猿人的腦子溝紋，確較猿類爲複雜，然而又較低於近代人腦。所以直立猿人在進化階段上高於猿類而低於人類，已無庸再疑。

除頭骨之外，還有一根股骨。股骨既長而直，杜博認爲是屬於猿類的；但是經過其他解剖學家研究的結果，從其形狀及支持體重的力線方面看起來，已近代化，較之更晚期的耐安得泰人爲更近代化。從這一點判斷起來，此種原始人類已直立行路是不成問題，即杜博自己對於這一點亦沒有絲毫疑問。問題就是此種近代化的股骨和上面所說的原始頭骨，是否屬於同一種人體的。關於這一點，地質方面既證明其發現地點，是在同一個地層，所以頭骨和股

骨應當屬於同一個地質時代，是不成問題；既屬於同一個地質時代，故應當可以屬於同一種人體。所以我們從此可以推想到直立猿人，是具有近代化下腿和原始形腦子的猿人。

自從杜博發現直立猿人之殘骨後，幾乎有四十年，並未獲得新的材料。直至最近，方才又找到了一些新材料。一九三六年二月，在莫照克多(Modjoket'o近梭姆貝登格Soembertengah）地方又獲得一個小孩的頭骨，其所在的地點，從地質方面判斷起來，較之一八九一年杜博發現得殘骨地方，還要稍爲古舊些。從頭骨形狀方面研究之，此孩童約有六歲，其腦容量約爲七百立方公分。按照其年齡推想起來，若長至成人，則可以達到一千立方公分的容量。所以此孩童亦應當屬於直立猿人類。此外在一九三六年末又找到了一個下顎骨(在梭洛 Solo附近），此骨較近代人之下顎骨爲更強而有力，然而牙齒已爲人類形狀。在一九三七年之八月，又在巴蚌(Bapang 地方發現了一個成人頭骨，其外形和杜博所得到的材料非常相像，所以和杜博所發現者，無疑地是屬於同一種人類。從這許多珍貴材料看起來，五十萬年前直立猿人生存在爪哇地方，是毫無疑問。這種猿人，亦就是最原始的人類了。

第三 北京猿人 Sinanthropus pekinensis

在亞洲所發現的原始人類殘骨，除爪哇的直立猿人之外，又有我國北平附近周口店地方所發現的北京猿人。其發現的經過，約略如下。在一九二七 ，北平協和醫學院解剖學教授步達生（Davidson Black）博士 首先發現由周口店得來的一顆牙齒，他認這顆牙齒是屬於人類的，並且預言在周口店地方必定可以找到原始人的殘骨。經過很謹慎的挖掘之後，果不出所料，我國地質學家裴文中先生就在那裏發現了頭骨。以後一九二九年又發現了第二個第三個頭骨，一九三六年又找到了三個成人頭骨，並有許多肢體及牙齒等殘片，總計不下於三十個人體，且有各種年齡及性別者。所以在五十萬年前，周口店附近顯然人口非常稠密，並且過的是集體生活。

大致說起來，北京猿人的頭骨，額骨左右甚狹，眉上隆起亦高，頭頂低平，乳突(Mastoid Process)不發達，頭骨枕部頸肌所附着的痕跡甚顯明。這些特徵，都表示和爪哇的直立猿人很相近似。當初步達生教授名之曰北京人，認為和爪哇人不同屬；但今日人類學家有認二者屬於同屬的傾向，故亦有擬將學名改為北京猿人(Pithecanthropus pekinensis)者。北

京猿人和爪哇猿人既生存在同一時代，祇是地點不同，一在亞洲之南部，一在亞洲之北部，好像現在人類一住在亞洲，又一住在歐洲；歐亞二洲的人，都是屬於同一屬種，學名爲智人Homo Sapiens），但有白種人和黃種人之別。所以推想當時爪哇猿人和北京猿人，其分別亦不過如是，爲同一屬之二人種，還是很近乎情理的。

再試從腦的容量方面研究之，步達生的估計約爲九百六十立方公分；自近代標本數目增多之後，得知其容量變異很大，自八百五十至一千二百二十立方公分。其容量最大者，已近乎近代人類。從腦的印模方面觀察之，似乎島區前面尚未完全被遮蓋。所謂島區（insular region）者，是大腦半球側面薛氏溝所經過地方，此地有一部分被額區所蓋住而成隱藏的島區。額區爲思想功用的中心，人類愈進步，則額區愈發達。例如小孩子的腦，因爲額區尚未十分發展，故島區尚未完全被蓋住；至成人乃完全被蓋住。故北京猿人腦上島區未完全被蓋住，即表示其大腦尚未充分發達。此外在腦之後頭部，名曰枕葉，在枕葉上面，有一條半月形溝，此溝在近代人類腦子上面已很少見，而在北京猿人之腦上是存在的，所以北京猿人之腦是較爲原始的。假使我們試作更進一步的推測，額區之蓋住島區者正爲語言區，此區既不發達，所以北京猿人的官能必定不發達。枕區之功用爲視覺，而半月溝之存在，表示其視

覺雖然很發達，由視覺所引起的精神作用，亦尚不及近代人。

其次在肢骨方面的材料，直至最近（一九三八年）方發現較爲完整的上肢肱骨和下肢股骨。從這些肢骨方面研究所得，推知其體高約爲五英尺；而在形態方面，處處皆表示已很近代化，北京猿人顯已完全直立行路，可無疑問。這一點亦表示北京猿人和爪哇猿人是很相像。並且這一點亦非常有趣，因爲從此可以想到人類從猿類進化上來，首先進化者爲直立姿勢和肢骨部分，而頭骨及腦之進化在後。從地質方面說起來，五十萬年前正是第一次冰河時期，氣候相當寒冷，森林果木已不甚豐富。原始猿類，生長在茂盛的森林之中，隨處可取得果食；今森林果木既受氣候影響而不茂盛，則生活方面即有困難，於是不得不由樹上生活而移至陸地生活，每天需平地上步行以尋覓食物，因此直立姿勢首先進化。由直立行動而用手及思想找食物作工具，乃促進腦之進化。這種解說，亦很近理。

在北京猿人所在地的周圍，尚發現有灰堆，似乎北京猿人已知道用火，這一點有極重大意義。發明用火是人類史上一件大事，而北京人顯然已能用火。並且在其周圍，發現有七十餘種的哺乳類殘骸，似乎北京猿人已是熟食。更進一步我們又發現有許多經過手製的器具，或用石製成或用獸骨製成或用瑪瑙製成，所以始石器時代，業已開始。這幾點較之爪哇猿人

要進步了。從頭骨方面看起來，北京猿人的額葉亦較爲發達。故無論從文化方面或形態方面來說，北京猿人是較爪哇猿人要稍爲進化些。

第四節　海得堡古人 Palaeanthropus heidelbergensis

關於北京猿人所獲得的材料，是比較豐富的，較之爪哇猿人的材料要豐富些。在歐洲所發現比較原始的人類，如所謂海得堡古人者，關於此種古人所搜集得的殘骸，遠較爪哇猿人和北京猿人爲稀少，至今尙祇得到一個完整的下顎骨，殊爲悵惘。但是人類學家得之，已視爲珍寶。研究古代人類之困難，眞有十分之九要靠幸運。因此我們所能得到關於此種古人的知識，亦極爲有限。

此海得堡古人的一個下顎骨，是蕭頓薩克博士（Dr. Otto Schoetensack）所發見。蕭頓薩克博士在德國南部毛爾（mauer）地方（靠近海得堡）細心工作二十年，最後於一九〇七年方發現之，已屬萬幸。那個地方原本爲中歐有名的古生物學研究中心，其地多沙，其沙爲河谷之沈積物，沈積物中卽多古動物的殘骸，考其年代，當有屬於冰河以前時代者。此珍貴之下顎骨，在沈積 下深七九英尺處發現，計算起來，約在三十萬至四十萬年以前。從形態方

面看起來，下顎骨前面的下頷突起，極不顯明，其光滑平圓有如猩猩的下顎。我們知道近代人類的下顎骨，是有顯著的下頷。若從這一點判斷之，則海得堡古人當屬於猿類。惟幸而此骨非常完整，連每顆牙齒都保存得非常完備；從牙齒方面觀察之，由門牙犬牙以至於臼齒，完全是人類模樣，所以決定其為一種古人，而定其學名為海得堡古人。經過更仔細的研究之後，並且斷定這種海得堡古人為以後耐安得塔人的直接祖先。

在海得堡古人下顎骨所在地的附近，還找到有許多溫帶區生存的動物殘骸，如直牙象、毛牛、獅、熊之類，所以海得堡古人所生存的年代，其氣候已相當溫暖，約在第二次間冰河期時代，即屬於第二次冰河時期與第三次冰河時期之間。我們沒有得到任何頭骨殘片，所以無從斷定其腦發達的程度如何。但是我們可以想像這些古人，生存於氣候溫暖時代，生活當可以較爪哇猿人更為舒適，除竟天為找食物之外，當可以有餘暇作文化之創造事業。在文化方面我們所可以看到者，是已進入始石器時代；在下顎骨所在附近地方，可以看到粗製的石器，所以顯然是已用石器作工具，或為驅野獸之用，或為自衛之用。但是用手作工具，確已開始。

從文化方面判斷之，海得堡古人似比爪哇猿人為高，但並不比北京猿人為高。至於其和

爪哇猿人和北京猿人有無血統關係，則完全在黑暗之中，連要猜想亦無任何線索可尋。甚至於海得堡人出現的時候，爪哇猿人北京猿人尚存在否，亦無法確定。如果同時存在着，爪哇猿人北京猿人和海得堡古人亦許因生存競爭關係，前二種人類被淘汰，亦意中事。

第五節　披爾當曙人 Eoanthropus dawsoni

在海得堡古人之後不久，似乎英國生存有披爾當曙人。關於海得堡古人的材料，雖然所獲不多，祇一個下顎骨，但是對於其生存年代等，大家意見尚能一致；惟有對於披爾當曙人的年代，各專家的意見最爲分歧。考古學之難，可以說莫過於此。此種材料之獲得，其經過約略如下。英國有位律師名度遜氏者(Mr. Charles Dawson)，素好古董；在一九一二年，英國披爾當地方築路，在路面下不到四英尺地方，其土色爲深棕色，此地發現了頭殼殘片，同時又看見始石器時代的石器，還有些久已絕種的古動物殘骨。度遜氏聞之，卽收藏起來。當初所得到者，爲一片頂骨；以後又接續得到一些頭骨上其他的部分，還有下顎骨的碎片，上面帶有幾顆臼齒；同時還得到了一顆犬齒，兩塊鼻梁骨。問題就是從這些碎片之中，究竟能得到些什麽結論。

於是英國的解剖學家和人類學家，就開始共同研究。英國博物館的吳得華(Dr. Arthur Smith Woodward）首先很仔細地將已被鐵路工人所擊碎的碎片拼合起來，而後各專家如啓司(Str Arthur Keith)麥格雷高(Mc Gregor)等，都共同研究，共同討論，他們對於腦容量方面，意見最爲紛歧。這是意料中的事，因爲頭殼不全，其容量亦無從算起。至於頭殼的大致形狀，大家尙能同意。例如頭骨極厚，達十分之四英寸；前額扁平而成陡坡形，略如猿類，但眉上隆起不顯，故較爪哇猿人及北京猿人爲進化。頭和頸的關係，似乎維持適當的均衡，並且表示完全是直立姿勢。其下顎形態，非常特別，許多美國考古學家且曾認爲是屬於當時的猩猩類。但是不久之後，在附近二英里處，又找到第二個披爾當人的頭骨標本，爲頭骨之碎片，並且又發現有同樣的下顎臼齒。因此我們可以決定說，此下顎骨決屬於披爾當人，可無疑問。

其下顎骨既充分表示猿類特性，犬齒爲尤甚；頭骨又表示爲相當進化的人類，故有給以新學名之必要，因而稱之爲曙人。下顎骨前面一部分，較之海得堡古人更爲近猿類，前面門齒犬齒亦是如此；後面的臼齒則表示爲原始人類特性。除下顎骨之外，最使我們感覺到興趣者，乃爲從頭骨得來的腦印模。當然，頭骨既不完備，所以腦印模亦極不完備；然而腦印模

跡不完整，經過專家如艾立歐司密司(Elliot Smith)之研究，亦可以得到一個梗概。據艾立歐司密司觀察所得，以其形式大小及各區之關係方面而言，已爲眞正人類之前驅。其額葉頂葉及顳葉，皆不甚發達，額葉和頂葉間之裂縫，尤爲顯明，顯然此二葉特別不發達。但是奇怪的事，乃爲下額回和後顳區之司語言功用者已特別發達，顯然是披爾當曙人已有語言，此點實屬驚人，故爲人類無疑。

至於在文化方面，現在所已看到者，有紅色及棕色的粗笨石器，考其年代，當在二十萬至三十萬年以前。

第六節　耐安得泰人(Homo neanderthalensis)

耐安得泰人的殘骸，是古代人種中最先發現者；並且至今爲止，亦爲遺跡分佈最廣者。遠在一八四八年，在直布羅陀地方首先發現一個頭顱，但是在當時並未認識其重要性。現在此頭顱猶保存在英國皇家外科專門學校之博物館內。待至一八五六年，德國的萊茵河支流處，耐安得泰峽地方又發現一個古代人殘骨，其中有頭顱、肋骨，右肩骨、鎖骨、肱骨、股骨、上下肢骨等，大家尙在議論紛紛，究竟此骨係代表另一種人種，抑代表有疾病的變態人。

以後在一八八六年，比利時的斯派(Spy)地方又發現同樣的兩副骨骼，大家方承認這是特殊的一種人類，不再遲疑，乃名之曰耐安得泰人，和近代人類同屬而異種。直至一九三〇年，法比德奧西班牙等各處所發現者，已有十八處。在一九三九年二月，意大利南部散非列斯瘦西河(San Felice Circeo)地方又發現很完整的一副骸骨；一九三八年之夏，在南烏斯貝奇斯坦(Southern Ubekistan)又發現一個八歲小孩的頭骨及骨骼。在近東一帶，亦尚有其他零星的發現。從這許多材料看起來，耐安特泰人之存在，是毫無疑問；其分佈既廣，形態特性亦極爲統一純粹，確和近代人類不同。

從其骨骼方面觀察起來，第一知道耐安得泰人比較倭小，男的至高亦不過五英尺三英寸。其次還有一種特性，卽股骨成彎形，脊椎骨沒有頸部彎曲，故尚未完成直立姿勢，這一點似乎較北京猿人及爪哇猿人還要更近猿類。髖及膝蓋骨節處呈彎形，下腿和上腿比例較短，令人想到腿部肌肉必定很發達，如同大猩猩那樣；而手上大姆指似乎尚未能十分運用自如，故手工文化亦不發達。凡此種種，都較近代人類爲更近猿類。

但是我們若考察其頭骨，則遠較爪哇猿人及北京猿人爲發達，祇以頭骨容量而言，自一千二百至一千六百二十五立方公分，平均有一千四百五十立方公分，而近代人類平均祇一千

三百五十立方公分，故較近代人類尙多一百立方公分，其腦之大，可以想見，決非在九百立方公分左右之爪哇猿人及北京猿人所得望其項背。在頭骨之形態方面，雖顯然已較爪哇猿人及北京猿人爲更進步，但和近代人的頭顱比則仍然落後。例如眼眶上面的隆起，仍然很顯；頭頂尙留着扁平形式；枕部突起很大，足見後頸肌肉很發達；眼眶很大，鼻梁很低，上顎很深，下顎粗大，下頷突起不顯，同時不很寬暢，似乎舌肌肉發達，語言尙不能靈活運用。頭殼後面通脊椎骨之大孔稍向後，這一點亦近乎猿人。這些特徵，都表示耐安得泰人是很特殊化的一種人類，並非近代人之始祖，亦非爪哇或北京猿人之後裔。

這種人的生存年代，約自第三次至第四次冰河時期，卽達到最後一次冰河時期，約在十萬年前。其文化程度，已至舊石器時代，並且似乎已行喪葬之儀。從其腦容量及很寬的額葉判斷之，必定有相當高的知慧。但是近代智人，似乎並不從耐安得泰人發展而來。

第七節　克羅麥農人 Cro-Magnon Man

近代人之眞正祖先，似爲克羅麥農人，而克羅麥農人實在已爲眞正的智人了。

所謂克羅麥農人，是因爲在法國克羅麥農地方所發現而名。其實在克羅麥農地方發現之

前，在英國威爾士之高惠兒(Gower, Wales)，已先發現有十七具骨骼，時在一八五二年。祗因爲發現過早，當時未曾引起科學家的注意，於是又在坟地重葬之，結果乃消失不復可得。越四年，方在法國克羅麥農地方又發現同樣骨骼，於是在巴黎保存起來，方引起科學家的注意。計此次所獲者，有五具骨骼，其中一爲老人，一爲女人，一爲小孩，又二爲青年人；這五具骨骼，乃自成爲一種類型。

從骨骼方面觀察之，其最大特性爲身體極高，達六英尺一又二分之一英寸。老人甚至達到六英尺五英寸。女人高約五英尺五英寸。上下肢之比例及寬大的胸部，似爲黑人模樣。惟頭骨則顯然似亞洲人而不似黑人。究竟近代亞洲人爲克羅麥農之後裔，抑近代亞洲人和克麥農人同祖，克羅麥農人曾由亞洲遷移至歐洲，至今尚未得線索，有待於更進一步的發掘。但是克羅麥農人已爲代表式之近代人，決無疑問。假使細察其頭骨形狀，即足以證實這一點。

克羅麥農人的頭骨，其容量約有一千三百五十至一千四百立方公分，故和近代人相近。其頭骨甚大，甚至女的較近代男的頭骨還要大些。額已高起，眉上隆起已完全不顯。面部與下顎之角度，已完全和近代人相似，幾成九十度角。上下顎雖強有力，但下頷突起已很顯然

，和耐安得泰人的下顎截然不同，幾乎完全失去其猿類特性。牙齒亦完全近代化，上顎骨亦狹。其腦和近代人幾無差別之可言。從發掘地方看起來，似已行喪葬之禮。屍骨旁所見之大獸，如毛象馴鹿，表示其狩獵能力已很高。在屍骨所在地，又看見有繪圖及雕刻工作，無論其爲純藝術性或喪葬宗教儀式性，都足以表示其文化創造能力已相當高。據美國古生物學家奧斯本氏的觀察，今日亞洲喜馬拉雅山南部人民，其面部和克羅麥農人相彷彿。亦許喜馬拉雅山南部居民，和克羅麥農人爲同種。其文化程度，顯然已達到舊石器時代之晚年。考其年代，約在二萬五千年以前。

和克羅麥農人同時存在者，有格利馬爾第人（Grimaldi man），亦在法國南部孟洞（Mentone）附近地方發現。所獲的骨骼，計有一女人一男孩，而所在地附近並葬有克羅麥農人。但是從骨骼方面觀察之，頭長而狹，鼻扁而大，和克羅麥農人不同，完全似今日非洲黑人，故或爲今日黑人之先祖，大抵由非洲北移至歐洲者。其硬腭骨及牙齒有似澳大利洲之黑人。今日澳洲黑人和非洲黑人，外形上不同；亦許當初同源於格利馬爾第人，亦未可知。此種遷徙變異，都是近二三萬年內之事了。

這樣看來，近代亞洲人和克羅麥農人相似，近代黑人和格利馬爾第人相似；而近代歐洲

白種人，似乎是再由中亞細亞地方遷徙過去的另外一種人的後裔。所以近代黑白黃三種人的來源，在近數萬年內，似已爲多元而非一元。在此數萬年中，人類文化卽由舊石器時代轉入新石器時代了。考近代數千年以來的人類，如我國河南山東東三省等地所掘得者，皆已粗具文字式的符號；其文化，爲新石器末期，已有陶器，並從陶器進而用銅器。至此乃和近代有文字的歷史相銜結。

總結

從上面所述看來，人類由爪哇猿人，北京猿人，海得堡古人，披爾當曙人，尼安得塔人克羅麥農人，以至於近代人種，在形態方面，有下列之進化：

(一)由猿類之半直立而完成直立姿勢；

(二)由猿類之眉上隆起特顯而至於不顯；

(三)由猿類之下顎骨無下頷突起而有顯著的下頷突起；

(四)由猿類之扁平額部而至高而幾乎成直角之額部；

(五)由猿類之銳角面部而至幾乎成直角之面部；

（六）由猿類之不到一千立方公分之頭亮容量而至超過一千立方公分；
（七）由猿類之不方便語言工具而至能自由發言；
（八）由猿類之不靈便大姆指及手而至靈便的大姆指及手；
（九）由猿類之顯著犬齒而至不顯著之犬齒；
（十）由猿類之強大頸肌顎肌附着處而至於去其顯著的強有力肌肉附着處；

凡此十點，乃爲人類由猿類進化後之犖犖大者。不過人類共同之猿類祖先，並非現在的猿類，乃是一種原始猿類，此種古代原始猿類，現在正在搜索之中，尙無定論。尤其要者，卽由此種理想的古代原始猿類，並非沿着直線發達成近代人類。例如以直立姿勢而言，爪哇猿人和北京猿人的直立姿勢，尙勝於更晚出的耐安得泰人。在發展過程中，某種人往往某種特性很發達，又一特性則仍具原始性。所以假使我們要作一個人類進化的家譜，祇能如下方法代表之：

近代人種

黑人　亞洲人

格利馬爾第人　克羅麥農人

耐安得塔人

披爾當曙人

海得堡古人

北京猿人　爪哇猿人

原始猿類

從此圖看來，凡我們所已發見的原始人類殘骨，幾乎都表示其不連續性，祇有海得堡人和耐安得塔人似尚有承繼的線索。所以其發展歷史，並非直線的而是分支的；至於直系的線索，則尚待向地面下去搜尋！近代人類，如黃種白種黑種等，約共有二十六種之多，亦許由原猿類至近代二十六種人種，有二十六條直線，亦未可知。但是最後一句話是天經地義的，即人類是由猿進化而來，不是上帝創造的；所以古代人類和近代人類，在形態方面是截然不同，古代人要更近似猿類。

習題

(一)爪哇猿人和北京猿人有什麼關係?

(二)人類進化是沿直線麼?試說明之。

第十三章 人爲的進化

進化學說所啓示給我們最基本的一點，就是一切要從變動(becoming)方面觀察之，不要祇從存在(being)方面觀察之。一切的存在，祇要有時間在綿延着，就有變動，決無靜止不變的存在。這一點在生物方面已由達爾文證示得很清楚了。即最高等的生物如人，我們在上一章已講過，五十萬年來，已經過許多次數的變異了，由爪哇猿人、北京猿人、海得堡人、披爾當人、耐安得泰人、克羅麥農人、以至於近代人類，其骨骼形態腦子智力，都有很顯著的變異。猿猴並不停止在猿猴階段，更變動而進化爲猿人；猿人並不停止在猿人階段，更變動而進化爲古人；古人並不停止在古人階段，更變動而進化爲曙人；同樣由曙人至眞正人類，以至於智人，凡是存在的人種，都在變動進化之中。近代人類自有文字歷史以來，才六千年，在此六千年中，身體形態方面要起顯著的變動和進化，自然沒有那麼快；六千年前古代人的骸骨，頗有遺留至今日者，如埃及人的屍骨，被考古學家所獲得者，所在多有。這些骸骨和近代人的骸骨比，近代人的頭骨並未見得更大，下頷突起並未見得更顯，額骨並未見得更高，其他方面亦並未發見有任何特殊的新進展。這並不足以否認人類進化的說法，祇是近數

千年來人類在形態方面變動得過於細微，我們至今還未曾覺察出來而已。

在有史以來六千年中，人類形態上雖未顯出特殊的變異，但是在文化方面卻顯出極大的變動。過去五十萬年，由始石器時代以至於舊石器時代，由舊石器時代以至於新石器時代，其變動極微；我們一想到五十萬年其變動如是之緩而近五六千年來由銅器時代以至於鋼鐵時代石油時代電氣化時代，其變動如是之速，深深感覺到人類進化的速度，有愈來愈快之勢。此種飛快的速度，由近五千年至近一百年，由近一百年至近五十年，以至於最近十年，愈來愈快。近十年的文化進步遠勝過近百年或五十年的進步；近百年或五十年的文化進步，又遠勝過近千年或五千年的進步。進步愈速，人類愈容易感覺到進步。人類既感覺到進步，於是人類對於本身進化的自覺心愈強。所以今日的人類，乃由不自覺的進化時期，進而達到了自覺的進化時期；換言之亦就是由自然的被動的進化階段，進而要達到了人爲的主動的進化階段。已往的五十萬年，是不自覺的是聽其自然的；現在不然了，我們是自覺地要用人爲方法，促使人類進化。這種方法，就是生物學家所研究的優種和優境方法。所以我們要進而討論優種和優境問題。

第一節　優種問題

用人爲方法，改進人種，以促使之進化，這種觀念，以常識度之，是很合理的。現在我們種的五穀菜蔬，都是經過人爲方法從野生種子中挑選而得。我們的祖先在數千年前開始農業的時候，已發明了這種方法，至今日就是農業科學裏面的植物育種學。我們亦曾用同樣方法，施之於動物。例如我們的祖先，在數千年前挑選較易馴服的狗貓牛馬等，作爲我們的家畜，在今日就是農業科學裏面的動物育種學。例如狗有美麗足供賞玩和敏捷可以追捕動物的獵狗種；牛有力大可以耕田和奶大可以供奶的品種；馬有力大可以拉車和跑得快可以作競賽用的品種；雞有肉豐滿可以供食和産卵多可以生蛋的品種；諸如此類。凡此都是經過施用人工方法，選擇適合乎我們某種需要的品種，這就是人爲的進化和變異方法。人亦不過是生物界之一種，照理想當然亦可以用選種方法，使之向着爲我們所控制的方向而進化。

這種理想在二千五百年前希臘時代已見其端倪。例如紀元前六世紀的希臘詩人希阿格尼司(Theognis)有一首詩說：

古爾納司，我們要用合理的方法，遴選牛和馬，

無論如何，爲利潤和繁殖計必須擇種，
要優良品種，無疵無瑕。
在日常的配偶中，務必要估量價值，
男人爲財而結婚，女人在婚姻中賜給。
富有之村夫兇徒，其子女可以和最高貴之族配偶，
這樣就使高貴者和低賤者混雜，
結果在身心方面你都會發現退化的雜種。
朋友，不用再遲疑了，
其原因既明，
再懶惰後果亦是枉然。

所以這位詩人已經看到人類中優種和劣種結婚，結果會使人種退化；要免去此可怕的後果，必須明白其前因而控制之。不祗如此，在希臘時代，最強盛的斯巴達邦已實行用人工方法，以產生強而勇敢的人種。賴扣格斯(Lycurgus)就主張，祗有最優的人可以有小孩的權利。對於結婚年齡應當予以限制，男人必須在最力壯時結婚，而新生小孩必須受檢查官檢查。

祇有健康者方準留存撫育，不夠強壯者必須淘汰之。（相傳斯巴達用一種方法檢別小孩，凡新生小孩皆浸入冷水中若干時，能生存者即撫育之，不能忍受而死亡者即被淘汰。）賴扣格斯說，此種檢查，是因爲每個小孩應當屬於國家而不屬於個人的，凡父母之愛，不應忍受撫育孱弱小孩之痛苦。

所以在希臘時代，人們已認識了良好遺傳之重要性。赫拉克利圖(Heraclitus)就說：「一個人所能給予孩童的最好貢獻，就是生而有最高貴的遺傳。」大哲學家拍拉圖和亞里斯多德亦曾宣言這種主張。拍拉圖明白表示說，凡一個城市內之人民及其子女，必須決定任統治者的手中。在理想的共和國中，應當祇有在戰爭中顯出其特殊能力的青年方准有後代之自由權，並且統治者當予以最惠的待遇，而不良的子女必須使之匿跡。凡婚姻之約，必須決定於統治者。故人種的繼續存在，在量和質方面，其權皆當操之於統治者。拍拉圖曾在其「理想共和國」一書中表示這種主張，所以拍拉圖可以說是一位近代化的優種學家。但是其理想始終爲一種哲學的理想，以後並未見諸實行。

亞里斯多德的主張稍爲緩和些。他主張丈夫必須大於其妻二十歲；同時老年人既已力疲，則不當再有子女。對於人口的繁殖，他主張加以限制，必要時給以墮胎手術。他特別提出

優良父母之重要性，凡不良及殘廢者不應當再給予撫育長大。至於如何改良人種，他並未提出積極的計劃，他祗提出消極的限制人口方法。這是一種消極的優種學。

近代的優種運動，是產生在達爾文時代之後。達爾文在一八五九年——約九十年前——刊行了物種由來一書，闡明生物進化理論，凡生物皆在自然選擇適者生存的過程中進化，此種進化學說影響於人類思想極大，如上面所說，使我們人類由自然的被動的進化階段進而至人爲的主動的控制進化階段。以這種理論爲出發點，於是達爾文的堂兄弟戈兒登氏即提出優種學運動，西文「優種學」（Eugenics）一辭，即首先由戈兒登所創造。他著有遺傳的天才一書，書中搜集了許多證據，以證明人類所遺傳的腦力，大有區別，所以他的結論說，我們應當擇優種而育之。繼續此書之後，他接連發表許多書冊子論文集和演講集，以提倡優種學。他死之後，遺囑上宣示將其財產捐給倫敦大學，設立優種學教授講座。由於他的推動力，英國在一九零八年成立了優種教育學會，以促進優種學之研究和傳播優種學的知識。繼之而起者有美國的優種紀錄辦事處（The Eugenic Record Office），由遺傳學家德文波氏(C.B. Davoenport)主其事。自此以後，全世界各國的優種學會，風起雲湧，在挪威瑞典法荷奧日意等國內，皆先後成立，此種運動，尤以德國爲最盛。二十世紀以來，關於優種學的

論文刊物既日衆，對於優種方法的討論亦日烈。至現在所討論的優種方法，已有積極的和消極的兩種，我們再分述於下。

第二節　消極的優種

所謂消極的優種方法，就是使不良的人種不再繁殖；由於不良人種的減少，以促進人種逐漸改良。例如有不良的殘疾而足以傳給後代者，有精神病而足以遺傳給後代者，皆在禁止其繁殖之列。根據於此種理論，現在優種學家提出來有三種辦法。

第一種辦法是限制婚姻，正如希臘時代所提出者相同。凡結婚必須先得政府的執照，由政府檢驗其對於生產的後代有無不良的遺傳；如果有之，卽不准其結婚。這種辦法在美國已見諸實行，所以柏拉圖的理想可以說在二千餘年後已見諸事實。我國舊式婚姻，只憑父母之命媒妁之言，甚至於有指腹爲婚者，這種婚姻，大抵財產和階級上門當戶對；現在的知識階級之婚爭，已由自由戀愛而自由結合，大抵爲智力相當。但是法庭領結婚執照一事，尙未實現。在美國除自由戀愛之外，婚姻之事，必須得法庭許可，發給婚書，方爲合法婚姻。有這種手續，原是最好實施優種的機會，例如法庭可以要求男女雙方在結婚之前，須先繳醫生證

明書，證明爲雙方健康，方准許發給婚書。事實上不然，許多法官還是缺之優種的知識，往往有十四歲男孩和十二歲女孩結婚之事，法庭亦准許之，此種婚姻，其初生的幾個子女，決不會健全。而美國因男女戀愛過分自由，往往因一時衝動即向法庭去請求婚書，甚至於路上邂逅或酒後興至，男女雙方在認識後數小時或數分鐘內，即赴法庭辦婚書，其幼稚狀態，極爲可笑。例如在羅聖格利司(Los Angles)地方，法庭規定凡請求婚書者，必須在請求後三天去領婚書，然而在一年之內，往往有一千餘次在請求過三天後不去領婚書者，這表示此一千餘之請求者爲一時衝動，過三天後即變卦或已私奔。此種情形，雖極盡浪漫之逸趣，究竟有視婚事如兒戲之嫌，反而使法庭婚書失去優種作用。至於醫生證書，固甚可取，但是因近代遺傳學知識不夠發達，故醫生所能檢驗者，祇是疾病之有無，對於人種之優劣及遺傳方面，尙無法決定。故醫生之證明書，至今尙無多大消極優種的價值。卽使醫生能證明有不良的遺傳而阻止其合法婚姻，但是仍不能阻止不合法的婚姻及私生子。故此種消極的優種乃有時而窮。

第二種辦法是節制生育，卽用方法使男女結婚而不生育子女。此種辦法曾爲一時的熱烈運動，目的在勸導已婚者自己節制生育，以減輕其經濟負担。例如收入不豐富的家庭，或爲

農人或爲工人，或爲機關小職員，其收入只能負担一夫一妻和一子一女的用費。若多子多女則財力既不足，其生活勢必陷於苦境。在資本主義國家如英及美亦有一種成見，認爲收入不豐卽爲智力低下之表示，農工收入最微，故被認爲智力低微。又因凡農工家庭，或有失業，在英國卽有一筆失業救濟費。所以提倡生育節制者以爲用此種方法，一則可減少農工家庭負担，再則可減少智力低微者之繁殖，三則可減少政府的失業救濟費，其法至善，於是節育方法乃一舉而數得。然而結果乃適得其反，生育節制方法傳佈於富貴者及上等知識階級，傳不到沒有受高等教育機會的農工階級。例如美國調查十萬對夫婦的結果，有如下表(Sydenstricker and Notestein的調查結果)：

職業階級	每一百位妻子在一九一零年(年齡四十——四十四)之子女
專家	二百十一
商人	二百二十四
技術工人	二百七十七
非技術工人	三百三十四
田主	三百七十六

佃農　四百六十七
農人　四百七十一

上表中專家都是屬於知識階級，如工程師醫師教授之類，其生產率最低；而農工之生產率較高。可知節育知識都傳播到了知識階級，而知識階級正爲社會上所需要的優種；至於被認爲智力低下之農工階級，並得不到節育的影響。所以此種消極的優種辦法是失敗了。（當然，所謂農工階級是否爲智力低下者，大有問題，如蘇聯的政府爲勞農政府，在該國農工之中，有不少有偉大的發明者，大文學家高爾基爲工人，斯達林爲皮鞋匠之子，美國富蘭克林爲印刷工人，大發明家愛迭生亦爲工人。此種例子，不一而足。所以此種觀念爲錯誤的。）

第三種辦法爲割制生育(Sterilization)方法，即男的如可能有不良遺傳，則割斷其輸精管，使精虫不得出來；女的如可能有不良遺傳，則割斷其輸卵管，使卵子不得受精。此種手術，極爲簡便，女的割輸卵管較爲複雜，但亦無生命之虞。既割斷後，則男或女儘可結婚，並且絲毫不影響於結婚的快樂，但永不會有後代。此種方法，已見諸實施，並由法律規定，如美國有二十八州已成立此種法律條文，凡有不良遺傳者，皆當施行割制手術。至一九三五年一月爲止，已有二萬零六十三人被判施行此種手術，計男的有八千六百四十四人，女的有

一萬一千一百十九人。德國政府執行割制手術尤爲積極，在法律成立之第一年卽割了五萬六千二百四十四人之多，判決割制者爲最高優種法庭，被判決施割者卽屬於其身心殘缺足以遺傳給後代之人。這種方法，似乎是很妥善，但是仍有許多缺點：(一)決定割制者當然是醫生，但是醫生的遺傳知識有限，卽生物學界對於人類遺傳知識亦尙有限；究竟某種身心殘缺會遺傳給後代否，並不如一般想像中那末容易決定；(二)身心殘缺卽使可以遺傳，但是根據於現有的遺傳學知識，在下代可以成隱性基因，不顯露於外，此種後代亦許對於社會有貢獻，今若制止之則爲不智；(三)在社會上尙有不少帶有隱性之不良基因，欲俟割制以完全掃除之，則在千萬年之後；(四)萬一醫生決斷失愼，則影響於精神快樂甚大，因爲人皆有愛後代之心，(五)此種手術雖微(女的並不輕微)，亦有失愼以致生命危險者，正猶之乎拔牙亦可以致死，故不能完全免去危險性，事實上確有因此而致死者；(六)要求割制者往往由於社會之經濟壓迫，並非完全是生理上身心缺殘關係。(五，六二理由，已由英國何登提出，見氏所著遺傳與政治一書八十及八十一面 J. B. S. Haldane, Heredity and politics, pp. 80—81)有此數種理由，所以生物學家認目前以法律規定割制的方法，尙嫌過早。

第三節　積極的優種

以上所講，都是消極的優種方法。但祇是消極的除去不良人種，並不足以促進人類進化，要促進人類進化，還得要用積極的優種辦法，那就是使優良者後代增多。於是現在有兩個問題發生了，第一個問題是愈是知識分子，愈是社會上所需要的品種，然而事實上如上一段表中所示，其後代愈少。此種趨勢。究竟其故何在？據我們分析的結果：第一是愈是知識階級分子，愈是容易獲得生育節制方法，故後代子女愈少；第二是知識分子的進款雖稍優，其撫育子女的方法亦愈講究，因之經濟消耗亦大，故亦不願有太多的子女。後面這個事實亦就牽連到社會上經濟待遇問題。

第二個問題，就如上所說的經濟問題，子女愈多，在目前私人經濟制度之下（社會主義國家可以爲例外），如果私人的經濟能力有限，則卽使爲很好的品種，亦將因不勝撫育許多子女的經濟負担而不願有很多的後代。所以積極優種法就受社會經濟制度的限制了。

關於這一點，當初戈兒登氏亦有見及此，他曾提議根據於優種的價値，對於特別優秀的配偶，予以特別證書，由這個證書，可以租低廉的房屋及享受低廉的生活費，如此可以減輕

其生活負担，使之多育子女。這種方法曾由達邱脫君（Mr. Alfred Dachert）予以試驗。達邱脫君設置了許多有家具設備的房子，凡是身心優良的青年配偶，可以用低廉的房租去租住之，希望其生育增加；如果某對配偶經過相當時期之後，沒有如生產子女，則此對配偶即須退租，俾讓給其他良好的配偶。據一九三五年的報告，所得到的結果很好，普通一般社會上人的生產率，約為每一千女人一年之內有九十個子或女，而該處則為一百二十八人，即每千女人中增多了三十八人。從身心方面判斷之，該處所生育的子女都很優良。

但是個人方面對於此種慈善性質的措施，究竟能力是有限的，因為社會上能有此種經濟能力者有限；有此種經濟能力而熱心於優種者尤少。太多數一般優良配偶，皆為大企業之僱員，他們家庭多一小孩，並不能因此向企業家去要求加薪。只有少數美國學校，曾實行此種制度 即薪金之大小，和家中子女之多寡成比例，一個家庭多添一子女，即多加些薪金，聽說在我國辦的燕京大學，即採用此制度。此種辦法很好，可惜尚未能普及於一般社會。現在歐美各國一般社會上所通行者，有家庭津貼制度，即多生育一子女，予以若干津貼，作為撫育子女費用的補助。在法國即實施此種制度，其費用由全體僱員共負之。例如一九三二年規定一條法則，凡是僱員都要納家庭津貼準備金若干，平日在薪金下扣除之，以備補貼同事中

之家庭過大者。此種費用，在一九三零年曾達到三萬五千萬法郎，惟此津貼金數目，仍嫌不足。但是法國的此種辦法並無多大的優種意義，祇獎勵人口之增加，以補救第一次大戰中人口之損失而已。

在德國曾實行結婚貸金，卽凡青年人結婚，可以得貸金一千馬克。一九三二年德國的結婚人數爲五十萬九千五百九十五對；實行貸金後結婚數增加至六十三萬一千一百五十二對，約增加千人中之七・九；至一九三四年增加七十三萬一千四百三十一對，其中有百分之三十七點四是領貸金的。因此德國人口的生產率，在一九三三年爲千人中十四點七，至一九三四年卽增加至十八。但是德國的此種措施，並不含有優種的意味，實際上乃是軍事作用，欲借此增加人口而已。不祇德國如此，其他如意大利日本之獎勵生育，亦是沒有絲毫的優種氣味，都不過獎勵多生幾個砲灰而已，所以並不能認爲在實行積極優種。

供給家庭的子女津貼，擇其優良者予之，原爲極好的積極優種方法；但是在現行私人資本主義的社會制度之下，大資本家決不肯給予此種津貼，政府亦決無力使資本家有此種覺悟。所以此種積極優種法，要見諸實行，必須先改革社會制度

最近勃留威和密勒（Brewer and Muller）提議一種很有趣的積極優種方法，他們名之

曰優種代生法(eutelengenesis)其法爲取天才之精虫，用人工方法施之於女人子宮內，使之受精生育。他們相信許多丈夫必定可以允許其妻子接受此種代生法，俾他們家庭中亦可以有一個優良的小孩。此種方法的大前提，必須遺傳學識足以決定其得到預期的結果。並且以現在的社會一般文化程度而言，人類尚未達到此種冷酷的科學程度，可以接受此種不美的冷靜措施，所以暫時還是行不通的。

第四節 優境問題

以上所說的優種問題，都是從生育方面着想，或是用消極方法使不良品種減少，或是用積極方法使優良的品種增多，或是二者並用。但是一個人被社會上判斷其優劣，不只是由於先天遺傳因素，還有後天的環境因素。一個人的身體強弱和心理優劣，可以由於先天遺傳，亦可以由於後天環境。有的人說，先天遺傳是人種優劣的決定因素，所以我們要人種進化，必須從遺傳着手，例如優種學首創者戈兒登氏就是這麼主張。所以他說：『天性較之後天養育要重要得多，例如在同一國家內及社會上同一階級內，其先天賦予相同，決非不同的後天養育所能改變。』惟其如此，所以堯舜生而爲堯舜，盜跖生而爲盜跖，決非後天養育所能改變。

此外還有一派人說，後天因素遠較先天遺傳爲重要，一個人的身心優劣，完全決定於後天環境，所謂「性相近，習相遠」。例如密勒氏(John Sturt Mill)說：「凡一切法規，若不考慮到社會與道德之影響，都不免於草率；認各人之行爲德性差異，爲由於先天遺傳性不同，此爲草率之尤者也。」這種說法，就是反對遺傳決定論，主張後天環境決定論者。美國經濟學家亨利喬治亦說：「現在時髦的主張，將遺傳影響看到這麼重要，實際上一人來到世界上，先天遺傳的影響，遠不如後天之影響爲大。」這是政治學家和經濟學家的主張。直至近代美國行爲派心理學家華眞氏亦說，給我一個小孩子，我可以使他將來成爲科學家或哲學家或文學家或政治學家或律師或商人或任何一種人。這些學者的主張，就是絕對後天環境決定論，和上面所說的遺傳決定論者的主張完全不同。

現在我們要看究竟誰是誰非？一個人的強弱智愚，究竟決定於先天遺傳抑決定於後天環境？英國戈兒登研究室的生物統計學家披爾遜教授(Karl Pearson)曾搜集許多材料，以研究這個問題，欲解決究竟先天遺傳因素重要抑後天環境因素重要。他研究的方法，是蒐集許多特性，而後用統計方法計其父母和子女的相關度。如果父母和子女的相關度極大，那麼遺傳因素自然是非常重要；如果父母和子女的相關度極小以至於無，則自然遺傳的因素是不重

要，後天環境的因素應當更爲重要些。據他研究的結果，在許多特性方面，父母和子女的相關度爲零點五（最高者爲一，最低者爲零），和後天環境的相關度祇是零點一或零點二，所以他的結論說，自然先天遺傳因素要重要些。

這樣的統計結果，似乎是非常正確，但是披爾遜還是忽略了一點，那就是後天環境的際遇問題。例如父母和子女同住在一個環境之內，其得肺結核病的際遇是相同，所以父母若得肺結核病，子女亦容易傳染得肺結核病；所以二者相關度雖高，並不足以表示其先天遺傳因素之重要性。我們若要解決這個問題，還得要控制環境因素。例如遺傳同而環境完全不同，結果還是得同樣的特性，如此方能確定遺傳因素的重要性。欲如此研究，最好的材料，莫過於研究雙生的子女。我們知道有一種相同的雙生子，是由一個受精卵分裂的結果，此一對雙生子，其先天遺傳，可以說是完全相同；而後再觀察其在不同環境之下，結果二人的身心是否相同或不同。近來對於雙生子的研究，已有許多報告，例如美國芝加哥大學紐曼教授（Prof. Newman），曾研究一對同卵的雙生女，此一對先天遺傳完全相同的雙生女，在滿十八月後，甲乙二女即移居在不同環境之下，甲住在大城市，乙住在小村莊。至十八歲，甲乙二女又相會於一處，隔一年後，紐曼教授施以同樣的智力測驗，看究竟二人有無智力差異。結

果他找出甲乙的智力年齡不同，甲要較乙高一年又十一個月。所以很顯明地此甲乙二女的智力是受後天環境的影響。此外紐曼教授又找到一個事實，即此同卵的雙生女，又較之普通一對兒童更接近些，這又很顯明地表示先天遺傳因素亦是有影響的。

照紐曼教授的研究結果看起來，一個人的智力高低，有遺傳因素，亦有由於環境因素者，所以絕對的環境決定論和絕對的遺傳決定論，都是偏面之見。那麼我們從社會觀點看起來，要人類進化，應當優種與優境雙方並進。一個人如果其先天遺傳很好，若後天環境不好，還是得不到良好結果；相反，如果一個人的環境很好，其先天遺傳不好，亦應當得不到良好的結果了。後天環境方面，可以在人爲控制之下，那麼問題就是先天遺傳方面，是否亦可以放在我們人爲控制之下呢？如果不能，則自然進化的勢力仍佔去一半，人爲進化的勢力，至多亦不過一半。我們要進而問這一半自然進化勢力，是否亦能在人爲控制之下呢？

這個問題並不是優種學所能解答，因爲根據於優種學的方法，無論是積極的增加良種或消極的除去不良種，都是先承認「種」爲不可改變。現在的問題是「種」能否用人爲方法控制之而改變之，這是更進一步的人爲進化措施了。現在的生物學知識已啓示我們是可以控制的，這一點有下列二種事實足爲啓示。

第一、凡遺傳有不良的先天特性者，我們可以用後天方法補救之。例如一個人生而爲甲狀腺分泌不足，結果則得克汀病（Cretinism），身心發育不全，智能非常低下，是一種無用的低能兒。但是我們若注射甲狀腺素，則克汀病者可以長成常態的兒童以至於成人。於是先天遺傳有缺點者，我們可以補救其遺傳缺點，使之成爲常態有用的國民了。這是一個例子。還有從動物方面實驗所得，我們知道遺傳是由於基因，而不良的基因可以用方法控制之，使之不發生不良的效果。例如一九二零年克拉富卡（Krafka）研究菓蠅的棒狀眼睛（Bar-eyes）棒眼睛使菓蠅視覺不良，是不好的遺傳，這種棒眼睛由於基因所致。今克拉富卡找出凡雌蠅有兩個棒眼基因者，在低溫度培養之下，可以使眼睛較優，棒眼基因影響減少。但在高溫度之下培養之，棒眼基因又將充分顯出其效應。凡雄蠅之有棒眼基因者亦然。如此說來，用改變溫度方法，卽可以控制遺傳基因之效應，這就是說，凡遺傳基因，我們以爲是不能控制者，祇要我們在遺傳學方面加深研究，最後可以用人爲方法控制之。推而至於人類，若有不良之基因者，如克汀病，色盲病或其他智力低下病，將來有可能在我們人爲控制之下，使這種基因效應不顯，則雖先天遺傳不良，亦可以得到有良好的生長。

第二、現在遺傳學內，找到了一件驚人的事實，就是密勒（H. J. Muller）用愛克司光

線照射動物身上，可以改變基因，使動物發生新的變種。這意思就是說種細胞內的遺傳基因，可以因短波射線而改變，自然界許多物種的變異，顯然可以由於此種短波射線照射的結果。假使有一天人類遺傳學的知識達到這個地步，可以控制基因的變異，例如用短波射線照射之，可以求得我們理想中所期望的基因變異，則所謂先天遺傳者，亦在我們人類控制之下，要大音樂家的基因即可以得大音樂家的基因，要大科學家的基因即可以得大科學家的基因，人類品種由我們自己製造，這就完成了真正人為的進化方法。到那時候，迴顧今日人類，聽其自然進化變異，真是幼稚之至。

照這兩點看起來，祇要生物學的研究進步，用人為方法促使人類進化，以至於創造人種，都是可能。即今日認為先天不可控制之遺傳，將來亦可以變為可以控制了。問題祇在我們如何使生物學知識進步耳。

總結

過去五十萬年，人類已經經過了好幾次進化變異。現在我們覺悟到人類的進化，應當可以用人為方法促成之，所以未來的五十萬年，應當跨進到人為控制的進化階段。現在我們已

經嘗試了幾種企圖，第一種就是優種方法。所謂優種方法，就是人類品種日漸改良，或是用消極方法減少不良的品種，或是用積極的優種方法使良種積極增加。這些方法，都是從遺傳方面着眼。其次還有優境方法，就是改良後天的環境。究竟要人類進化，遺傳重於環境，抑環境重於遺傳？根據現在所得的生物學知識，二者都是重要的；並且生物學知識更進一步啓示我們，人爲能力將來可以控制遺傳。照這樣看起來，遺傳與環境已合而爲一，都可以存我們控制之下了，現在祇等待着更進步的生物學知識，以實現控制人爲進化的方法。

習題

(一)消極的優種方法有幾種

(二)積極的優種方法有幾種？

(三)環境與遺傳，孰爲重要？試申述之。

(四)人工可以控制基因麼？

第十四章　科學與社會

我們在上面已經敍述了科學內容的一個輪廓，我們既知道了科學內容大要之後，現在要進而問究竟我們是爲個人好奇心所驅使而學習科學，研究科學的？抑是爲改進社會，爲人類謀幸福而學習科學，研究科學呢？

在第二章論科學的發展時，我們已經說過，十七十八世紀科學是由技術中發展的，尤其是在工業革命之後。此種趨勢，至十九世紀乃得到一種反響，卽學者認科學爲一種神聖高貴的求眞理事業，不能僅限於爲實用而研究科學。例如大生物學家赫胥黎氏說：

「實在說起來，物質科學的歷史就告訴我們，凡有研究自然之天才者，對於那些由科學所得到的實際利益，不會引起他們的興趣，亦不會引起他們的興趣，亦不會給他們勇氣使之爲其信仰而忍受犧牲；凡能引起他們興趣者，是愛智，是樂於舊詩人所歌詠之萬物之理……這並非有意輕視自然知識進步後之實踐效果及其對於物質文明之有利影響，但吾人必須承認，自然知識之眞正的永久的意義，乃在工作中吾所表示之偉大觀念及倫理精神。」

在這幾句話裏面，十足表示學者的紳士風度，所謂爲眞理而求知，不爲功利而求知；後面這種態度，被視爲是一種商賈之流，不爲紳士所取。我們以這種態度，反對利用科學以求個人利潤或戰爭慘禍，或反對求利潤及好戰者奴役科學家爲其工作，是有十足理由，並且顯出其崇高性的。但假使同時否認科學爲人類謀利而工作，祇以追求眞理滿足個人超然的求知心爲科學的目標，則研究科學成爲一種自私的逃避。所以到了二十世紀的今日英國，如赫胥黎之孫(名Aldous Huxley)者，就有一段相反的議論。他說。

「吾今而知所謂求知生活之眞正誘惑力——委身於博學、科學研究、哲學美術、批判——是在其易舉。這是用簡單的知識規範代替複雜的現實，用安靜與形式的死亡代替複雜活潑的生命……生活要比念梵文或經濟或化學要艱難得多，要知不過見兒童嬉戲……作一個求知兒童是易事，作一個通達成人纔是難事。……」

赫胥黎孫的見解，甚至誣訕純求智者爲低能，爲孩童，對於其祖的見解，可以說是大逆不道。當然我們的問題不在於信仰那一位的見解，我們要探討究竟那一種見解是合理的。

爲要解答這個問題，先要問究竟何爲社會。我們大家承認所謂社會是許多個人的有機集合體，而不是許多個人烏合之堆積物；各人的科學研究工作，在社會裏面盡分工合作之一部

門，不是任意超羣離世的行爲。我們要明白研究科學者本身所站的崗位及其職責，而後才不至於很輕便地以功利主義四字作爲詆譭對象以清高尊貴作爲護身符而私自逃避。讓我們對於社會的機構及其活動，試作一番分析，以明科學家及科學研究工作在社會中的地位。

第一節　科學與社會機構

社會是由人羣組織而成，存在於現世各國者，有各種形式之不同；但是無論在那種形式之下，自原始部落式以至於近代資本主義社會主義或軍國主義式，皆有四大系統，即管、教、養、衞。管的系統就是政府，教的系統就是教育，養的系統就是農工醫交通金融商業等，衞的系統就是軍隊。社會的文明程度有高低不同，四個系統亦有簡繁不同，但是四個系統必然是存在的，是毫無問題。

每個人在受教育時代，尙不能稱爲正式踏進了社會；待受完教育之後，或不幸而沒有受教育機會，於是開始走進了社會。既走進了社會，他必得工作，其工作範圍，總不能脫離管教養衞四個系統。在管的系統之下者卽爲公務人員；在教的統系之下者卽爲教職員；在養的系統之下者，或爲農業界，或爲工業界，或爲醫學界，或爲交通界，或爲金融界，或爲商業

界；在衛的系統之下者卽爲軍人。這就是各人的職業。凡無職業或失去職業者卽爲無業游民。在理想的社會之中，人人應當有職業，不應當有一個人失業。

現在社會上除公務人員、教職員、軍人、以及農、工、商等之外，又有所謂科學家者。科學家究竟是屬於那一種職業者呢？科學家可以從事於「管」的職業，如農林部工業部衛生部皆需要科學家；可以從事於「教」的職業，如大學農工理醫各學院教授以至於中小學理科課程的教員；可以從事於「養」的職業，如農場工廠醫院內的技術人員，甚至於銀行商業亦需要之，如經濟研究室統計室廣告部等；亦可以從事於「衛」的職業，如兵工署的工程師。然則科學家在社會上各種機構內，是滲透式的擔任各項職業，惟有如此方不至於失業，方不至於成爲無業的游民。

但是科學家除開爲管教養衛四大系統內服務之外，還有一種科學研究事業，這種事業究竟是屬於那一種職業呢？我們要找出科學研究事業所屬的職業，祇要看科學研究機關有那些種類就明白了。現在所有的科學研究機關有四種，第一種是屬於政府機關者，如國立研究院卽是；如果是國立研究院內作研究工作，那就是公務人員，是屬於管的系統之下的。第二種是屬於大學者，如各大學的研究室卽是，如果是在各大學研究室內作研究工作者，那就是教

授，是屬於教的系統之下的。第三種是屬於各農場工廠銀行店舖者，資本大者，皆自己設有研究室；如果是在這些研究室內工作者，那就是屬於養的系統之下的。第四種是屬於軍事機關及兵工署者，如各種軍事國防研究室即是；如果是在這些研究室內工作者，那就是屬於衛系統之下者。所以四種科學研究機關，皆屬於管教養衛系統之下，並沒有獨立的科學研究職業，並且不能有獨立的科學研究職業。

有人說，現在社會上還存在有一種科學研究室，為私人所捐款設立，如美國之卡內基研究院，司密松尼亞研究院，魏斯脫研究院，洛氏研究院等，這些研究院之設立，並不屬於管教養衛系統之下；在這些研究室內工作，豈不是獨立的科學研究職業麼？我們要特別指出這些工作人員及其研究室的職業性質，亦是易事，祇要考察其工作性質即可以了。例如美國洛氏及魏斯脫研究室的工作，是偏於醫藥衛生的，那就是在醫學範圍之內，亦就是在養的系統之下；卡內基及斯密松尼亞研究院的工作很複雜，其範圍很大，如果是屬於理論科學者，就可以找尋其理論科學所可以應用的那一種事業，其職業系統即不難追索而得，如為博物館者，則屬於教的系統（社會教育）；如為物理學如英國物理學家盧瑟福工作所在的卡文狄雲實驗室(Cavendish laboratory)，既屬於教的系統，亦屬於養的系統(工業)，所以亦是社會上四大

系統之下。這些研究室之存在，是由於資本家之慈善心所賜；如果資本家受經濟恐慌而破產，則各研究室的經費即成問題，再沒有獨立的研究職業可尋。在社會主義國家內如蘇聯，根本沒有私人設立之究研室，祇有國立的研究室，這些研究室內的科學家，其職業更是顯明，如在上一段所說，必然爲四種職業中之一。所以在自由資本主義制度國家內，慈善性質的研究室內各科學家，是因爲社會制度不同，而表現着似乎是超社會的，其實亦不是獨立生存於社會外的好知之士。

所以科學家是有社會職業的，或屬於管或屬於教或屬於養或屬於衛，沒有獨立的科學研究職業；如果科學家要超出社會機構中四大系統之外，以求超社會的純知，則科學家的生活即成問題，換言之，他必然成無業的游民。

第二節　科學與社會活動

職業的意義，就是執行社會的活動。社會機構由個人組織而成，社會活動亦即由各人執行之：執行這種活動就是職業。社會的活動，由於管教養衛四個機構在進行着，每個社會分子，即在四個機構之下，担任某種職業，亦即執行某種活動。整個社會的活動，即由人們分

工合作，如此方爲活的社會，使社會存在。現代學校教育的任務，即培養適當的人才，以應社會之需要；決不能造就一個人，既不能任政務，又不能任教師，又不能任農或工或醫或商，又不能任軍事。於是各個人在二十歲以前，即分別在政治學校，師範學校，技術學校，商業學校或軍事學校內訓練之。所以一切高等學校教育，皆爲職業性的。

現在立即有一個疑問發生了，那就是純粹文科和理科教育，難道亦是職業性的麼？理科，所教如數學，物理，化學，生物學，地質學之類，這些人才似乎是在社會職業之外，將來到社會上去沒有一定職業可就。要解答這個疑問，我們就要回返到我們上面所說，理論科學是滲透在各項機構之內這句話，其職業亦滲透在各項職業之內，是「無爲而無不爲」，這就是純粹理科畢業生的出路。他們可以任政，可以執教，可以入技術企業界，可以入商界；但是他們在這四種職業內所担任的工作，是理論的工作，而不是技術的工作，此和其他各學院的畢業生不同。（文學院的畢業生，其任務亦類同，因不在本題範圍之內，茲不贅。）

怎麼叫作理論的工作呢？我們知道社會的活動，和一架機器的活動絕對不同。一架機器的活動，是分工的，但是機械的，即使不日趨於退衰亦永不進步的；一個社會的活動，雖然亦是分工的，但是不能機械式的，必須要進步的，不進步則必然退步！然則社會活動之進步

性，究竟從那裏來呢？就是從理論中產生，這就是理論工作。所謂理論工作，亦就是研究工作；行政事業需要研究，農、工、醫、商、等事業亦需要研究。一個社會上，某機構內之理論研究愈發達，該機構之例行工作應當愈優良（假使不受其他機構的牽制）；一個國家內，社會上各機構之理論研究工作愈發達，該國社會亦必然愈前進。所以現代社會上，管教養衛四種機構內，皆設立研究室，亦即是爲此。所以理論科學學生畢業後的職業，是無爲而無不爲，似乎是不重要而實在爲社會上最重要分子。必須加深他們的理論工作，作爲實踐事務之領導，而後實踐方面方能有進步。

理論科學的工作，在社會上各機構內之任務既非常重要；其重要性是在於解決實踐所遭遇的困難問題，並研究改進實踐工作問題。在這些問題之內，包括行政效率，教育方法，農工醫商的技術問題，以及國防問題等。所以理論研究工作，並不是坐在安樂椅上的冥想，而是爲改進實踐而起；惟其有這些理論工作在進行着，於是社會的活動，才不至遲滯不進。我們在所見到者，如工業生產方法之進步，由手工業以至於機器工業，由蒸汽機工業以至於電氣化工業，由管理方法以至於大小技術，隨時皆需要進步。在利潤經濟制度之下，資本家與資本家之競爭，主要即在技術問題上面，這些技術上之新發明，亦就是理論工作的結果。

當國際政治尚未到完美調整以前，卽存在有國際間之競爭。卽使國際政治已調整就緒，人類仍須不斷地和自然鬥爭，例如有一天汽油用罄之後，吾人將用什麽代替汽油，諸如此類。都是有待於理論的研究，這是很艱難的問題，亦卽爲高度理論化之研究問題。研究這些問題的任務，就負在理論科學的工作者肩上；他們在社會上的活動，就成爲社會的首腦部。

第三節　科學與學術文化

這種理論工作的範圍很廣，包括有哲學、宗教、藝術等，不祇是科學而已。合哲學、宗教、藝術與科學在一起，卽我們所稱之學術文化。凡是學術文化，皆爲社會上理論工作者思想活動之碩果，並不是所謂學者們憑空想像出來，在空中所建的樓閣。換言之，凡是學術文化，都是由社會上現實實踐問題所引起，並對於現實實踐貢獻一種改進的方案；這些方案，或爲哲學性的，或爲宗教性的，或爲藝術性的，或爲科學性的。

現在我們要問科學與哲學、宗教、藝術三者，究竟有什麽區別呢？

第一以宗教而言，宗教所重者爲信仰。凡是宗教的信仰，並非是我們所認之迷信。迷信祇是宗教的一種不良結果。在國內普遍所見者爲佛教。凡是信男信女，對於人生問題，無所

寄託，乃託於佛教，他們不曾有理知的思索，祇是盲從教徒所說，從而信之，此爲迷信。眞正的教徒，對於教條，曾下一番理知的思索者，他們的從教，是一種信仰。如佛教有佛教的倫理學及論理學，從這些倫理學及論理學所得，乃成爲一種信仰，這是宗教的眞諦。佛教所解，爲人生有生老病死種種煩惱，不如超世脫塵，免去煩惱，可以得到涅槃，得到慰藉，這是信仰。耶教重博愛，由博愛而至於和平，使人生快樂，當初耶穌以博愛平等昭示於人，並以慈愛的上帝安慰衆人；當時的衆人是奴隸們，他們苦惱之下，卽以上帝爲想像中的救主。回教之起，亦爲的是解放奴隸，其口號卽以平等待遇奴隸，使奴隸得到慰藉。凡此各種宗教信仰，並非沒有理知成分，不過是不健全之理知結果而已。科學工作則不然，完全是傾向於健全的理知，旣爲健全的，根本不能有信仰，若有信仰，必須申述道理，是爲證示而不是信仰。宗教的對象，如人生煩惱，若依據於科學，卽認爲是一種心理現象。佛教以出世解脫煩惱，耶教以博愛解除煩惱，回教以半武力式的(所謂一手執劍一手執可蘭經)驅除煩惱，科學則得分析各種方法的效果而比較之，由理智研討所得進向改變現實，這是更勇敢的企圖。科學之較宗教更難於普及於大衆在此，其穩健性亦在此。原始的宗教爲迷信，現代化的宗教爲信仰；如納粹之信仰德國民族優秀學說，卽爲德國一部分大衆的信仰，亦卽現代化之宗教、

這種信仰，和以科學態度研究民族問題者大異其趣，甚至大相逕庭。

第二以哲學而言，哲學爲主觀的概念，較之宗教的信仰，乃更重視正確的推理。當宗教的信仰，作推理辯證的時候，如佛教之唯識論，即成爲哲學。所以宗教家宣傳教旨，往往以哲學爲掩護。推理之正確性，則有賴於邏輯，所以邏輯爲哲學推理之重要工具，如佛教哲學內之因明學即是。例如哲學內有兩個問題，一爲物質存在問題，又一爲思想問題。依據於唯心論者的主觀概念，他們說物質是精神所創造，萬物唯心，物不存在；或曰物爲感覺經驗之綜合，不是獨立存在。依據於唯物論者的主觀概念，他們說物質影響於精神作用，乃知道有物質存在，故物質是存在的。科學則憑客觀分析，知道物質有九十二元素，每個元素有元子核及電子，直向物質的本質核心進攻。又依據於唯心論者的主觀概念，他們說思想是超物質的精神；依據於唯物論的主觀概念，他們說思想是物質運動的反映，其本身亦屬於物質(腦)運動。科學則分析思想的過程，活動，並神經基礎。故科學無物我之分，將物我合而爲一；而哲學則始終以我爲中心，並探尋物我之關係。哲學雖立求正確，但尙可以有不正確者存在；而科學則不正確不立。

第三以藝術而言，藝術爲情緒之表現，不以正確爲表率，和哲學及科學完全不同。藝術

以情動人，哲學以理服人，科學則以證示人。證示與推理，亦有其藝術性，如極完整之推理，極巧妙的試驗，除其本身正確性之外，吾人仍可以欣賞其美，是具有藝術性的。但是藝術性和哲學性及科學性，完全不同。藝術性是言其表演之美，哲學性是言其推理之完備，而科學性是言其證示之準確效驗。同是深山流水，藝術家則欣賞其幽雅明靜，哲學家則辯論其客觀存在否，而科學家則窮究其來源，或計算其有多少匹馬力，或分析其中含有多少礦質。假如三人同遊山水，可以各事其事，永不會起衝突的。

宗教、哲學、藝術、科學，同爲社會上的學術文化，同爲由社會活動所產生的人們精神活動，並且同爲社會活動之推動力。當人類思想進步之後，祇有宗教失其作用，而藝術哲學，科學三者，將永不會失其作用。在管教養衛四種機構之中，假使宗教佔着勢力，那顯然是不進步的或爲病態的，例如在殘酷的世界大戰之後，不免有一時期宗教有慰藉的作用，但是其所以能起作用者，是因爲社會呈病態現象。當科學佔着勢力的時候，其機構必然很嚴密有效；然而欲求其活潑的姿態，則有待於哲學；欲求其愉快欣慰，則有待於藝術。故管教養衛的機構及其活動，有其科學性，亦有其哲學性和藝術性。

第四節　科學在中國

科學既是和宗教哲學藝術，同爲社會上的理論工作，所以有社會存在卽有科學存在。我們常聽人說中國以前沒有科學，這是錯誤的。曆學數學，銅器鐵器，以至於印刷造紙、水利火藥等類，皆屬於科學範圍之內，中國皆有之，並且有些是由中國傳至歐洲。但是近三百年來，西洋在文藝復興之後，科學有了新的進步，中國才落後了；所以實際上說來，中國科學之落後，是有清一代的事。近百年來，因爲西洋生產事業之機器化，和中國接觸，我國的科學，更相形見絀。

因爲政治軍事及經濟之壓迫，我們在近三十年來，努力於提倡科學。除實施科學教育之外，又設立科學研究機關，實施科學技術，這種工作，當然非常艱巨。

先以科學技術而言，在農業方面，卽異常落後。我國土地有一千一百萬平方公里，爲世界上第四大國。但是這麼廣大的土地，其適宜於耕種者，祇有百分之二十九，約三百萬平方公里。適宜於耕種，而實際上已耕種者，根據於一九一八年的統計，祇有四分之一，約七十二萬平方公里；尚有四分之三可以耕種的土地廢而未用。照這樣計算起來，我國全國已耕種

的土地，祇佔全國土地面積百分之七。科學進步的國家如德國，全國已耕種的土地，已有全國土地面積百分之四十，相形之下，我們努力的程度，遠在他人之下。至於耕種之後，病虫爲害，收獲減少，尤甚於科學進步之國，因此我們以農立國，而年尚有農產品輸入，據一九三一年的統計，輸入的小麥麵粉棉花之類，要値到三萬六千萬關兩之多。

以工業而言，我國和其他強國，更無從比起。我國的煤藏量據最高的估計，有二千二百萬萬噸，爲世界上藏量最富者，鐵約有十三萬萬噸，煤油亦有一些，水力有二千萬匹馬力。至他如金、鎢、銻錫，皆尚豐富，銀子稍缺。但是我們並未能盡量利用這些富源。除去每年產錫佔全世界產量百分之六，銻佔全世界產量百分之七十五，鎢佔全世界產量百分之七十外，其他產量皆甚微薄。因此每年要由國外輸入五金六十萬噸，煤油一萬一千萬立脫，汽油九千萬立脫，油汁燃料二十萬立脫，生產量之可憐，有如此者。所以我國人平均每人每年消耗五金約一個半公斤，日本人十五公斤，德國人則爲二百餘公斤，卽百倍於我們。以電力而言，我國每年每人祇有四個半瓩小時，德國則達五百至六百瓩小時，又百餘倍於我國。科學技術之落後，於此可見一般。

技術科學如此，理論科學亦是如此。我國理論科學之走上獨立研究途徑，才二十五年來

事，至今爲止從事於科學研究事業，還不到一千人；若以人口估計，則約每四十五萬人中才有一人，和英美等國比較起來，則異常可憐。例如英國全國從事於理論科學者，約有一萬五千人，若以五千萬人口計算之，約三千三百人中有一人。若以每位科學家的工作成績而言，其平均的質和量，尤不及他人。所以理論科學亦是非常落後。

我們理論科學和技術科學，非常落後，我們已是非常着急；但是我們儘管着急，尚有種種障礙力，阻礙科學之發展。以技術科學而言，世界各先進國，因技術科學發達，故生產品不祇是供國內消耗而已，尚積極向我國推銷，因此我國生產事業，若足以減少他們的銷路，卽隨時受到壓力及摧殘，如戰前日本紡織業之和我國紡織業明爭暗鬥，卽爲先例。所以要求技術科學發達，非但要用政治力量，甚至要用戰爭力量。其次在理論科學方面，國內文化界尚有反科學的思想，向着科學思想進攻，使文化界思想混亂。凡此內外交迫的不幸事件及妨礙科學發達的壓力，使努力於推進科學運動者，感受到意外的困難。

我國技術科學之發展，有外在的壓力；理論科學之發展，則有內在的壓力。內外兩重壓力交加，所以科學在中國，實遭遇到極大的阻力。

欲求打破目前這種阻力，使我國科學化，惟有一條路可通，那就是建設國防科學，使科

學在國防扶翼之下，滋長起來。爲國防而建設經濟事業，在國防經濟事業之下發展技術科學，在國防技術科學之下發揚理論科學，則庶幾乎一舉兩得，實現 總裁的國防科學建設的意旨，如是十年之後，中國亦許可以有獨立的科學。

第五節　科學的將來

科學原是爲全人類社會謀福利的；既不是瘋狂野心家侵略的工具，亦不是資本家爲私人營利的手段，亦不是學人玩賞的裝飾品。我們在上一節內所說發揚中國科學，亦許有人認爲還是狹義的國家思想 不是遠大的科學家態度；若使國際政治，已實現大同局面，則上一節所論，是爲狹小見解。但是目前國際政治尚未達到此樣局面，不如是則民族生命不能維持，故吾人不得已而出此，這是走上國際大同路上所必由的階段。我國以三民主義立國，近的目的求我民族解放國家獨立，遠的目的卽爲天下大同。以三民主義爲原則，我國之國防建設和科學發展，祇有利於國際政治之好轉，决無絲毫妨害之理。

五十年一百年後，國際局面好轉，此時的科學事業，又將如何？吾應之曰，此時的科學事業，將和三個敵人作正面的陣地戰，這三個敵人就是貧、病和愚。

貧病和愚是人類三大敵人，亦卽是科學所要戰勝的對象。試以貧而言，我們人類生活中日用品，皆感覺到不夠；而日用品的製造過程，必須要能力。能力爲一切財富之源。科學未進步時用人力，科學進步又乃用機器力，機器力常以馬力代表之。在一八三五年的時候，全世界祇有六十五萬匹馬力，至現在約有十五萬萬匹馬力。但是全世界人口有二十萬萬，故一個人尙得不到一匹馬力。在今日世界，最富者當推美國，在美國內每七人有一隻洗澡盆，每五人有一輛汽車。待科學進步後，飛機將爲更重要的交通工具，但是美國的飛機一萬人中尙不得一架。故美國雖富，並未達到理想地步。何況卽在美國，尙有失業工人，他們設不上澡盆汽車，更談不上飛機。而世界各國，其富不及美者，更無論矣。今若以全世界人類通盤計算之，一切財富，皆賴能力；能力來源，現在是取諸煤和汽油。煤和汽油，一旦用罄，吾人又將何處尋找能力？這就是科學要解決的問題。

其次以病而言，自從一七九八年英人詹納兒Jenner發明種牛痘法之後，先克服了天花之害。十九世紀巴斯德研究細菌之後，醫藥界逐漸克服了傳染病之威脅。所以近代因對於傳染病之預防醫學進步之後，人口死亡率已減少，人的壽命已延長。二十世紀以來，進步尤速。例如一九一一年美國人口的死亡率爲每年千人中有十四人，至一九三一年祇十一人了（我

國爲三十八）；而十九世紀中歐美人士，平均每人祇活到三十五歲。現在已達到六十歲了（我國爲三十歲）。但是人們還是不免於疾病，還是活不到一百歲，這又是科學所要研究的問題。

最後以愚而言，我們人類不知道的事物，觸目皆是。宇宙、物質、生命等，一細究其內容，隨處可以找到不知道的問題。全世界約有十萬位科學家，在實驗室內研究，向着不知道的領域進攻，並且愈研究得進步，愈發現有更多的不知。今若將宇宙、物質、生命等各方面的愚擱而不談，再回到人類本身，我們人類之愚，往往足以使人發笑。例如爲什麼好好的科學建設，要用科學戰爭去破壞？爲什麼人們千辛萬苦所養育而長大的子女，要用砲火炸彈去殺死？人類的財富，爲什麼不能分配均勻，貧者飢寒交迫，而富者奢侈淫佚？凡此種種，過百年或二百年之後，那時人類論到今日的一次二次世界大戰史以及今日不良的經濟機構，亦將啞然失笑。然而要克服這種種的愚，亦就是物質科學和社會科學所要解決的問題。

所以科學的將來任務，甚爲繁重，要克服貧，要克服病，還要克服愚。這是要脚踏實地去研究，不是坐在安樂椅子上空想所能濟事的。